



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**

Katedra hodnocení textilií



**Navazující magisterský studijní program:** N3108 Textil

**Studijní obor:** Produktový management 3106T014/80

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Název práce: **OPTIMALIZACE PEVNOSTI ŠITÝCH SPOJŮ**

Thesis title: **OPTIMIZATION OF STRENGTH OF SEWN JOINTS**

**Kód:** KHT - 062

**Autor diplomové práce:** Bc. Nikola Crhonková

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Ivan Dostál

**Konzultant:** Ing. Maroš Tunák, Ph.D.

Počet stran	Počet obrázků	Počet tabulek	Počet příloh
100	40	34	5

Zadání diplomové práce

(vložit originál)

## **PROHLÁŠENÍ**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 2. 5. 2011

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomohli ke vzniku předkládané diplomové práce. Především pak vedoucímu práce technickému řediteli společnosti Gala a.s. ing. Ivanu Dostálovi, za jeho cenné připomínky a odborné rady, které byly přínosem pro zpracování mé práce. Mé poděkování patří také Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D. za poskytnuté informace a konzultace. V neposlední řadě děkuji celé své rodině za podporu při studiu.

## **ANOTACE**

Předkládaná diplomová práce se zabývá analýzou závislosti pevnosti šitého spoje na různých parametrech vyhotovení zkušebních vzorků. Teoretická část práce zahrnuje průzkum literatury na téma analýza šitých spojů, přehled faktorů ovlivňující pevnost šitých spojů a další teoretická východiska pro experimentální část diplomové práce. Experiment je aplikován na výrobek společnosti Gala a.s., jehož hlavní funkcí je zajištění požadované pevnosti při používání v praxi. Vybraným produktem je nosič travní techniky. Pro definování závislosti pevnosti na různých parametrech zhotovení je použita analýza rozptylu (Anova). Zkoumanými parametry první skupiny vzorků jsou hustota stehu, šíře švové záložky, jemnost a typ nitě. U druhé skupiny vzorků se jedná o typ popruhu, jeho ložení při šití a parametry stehu. Dílčím cílem práce je vytvoření návrhu katalogu šitých spojů, který bude sloužit jako orientační pomůcka při konstrukci výrobků v praxi.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Šitý spoj, steh, šicí nit, technická tkanina, pevnost, katalog švů, technický výrobek, Anova

## **ANOTATION**

This diploma thesis deals with the dependence on the strength of sewn joints of various parameters of the test samples. The theoretical part includes a literature survey of the analysis of sewn joints, an overview of factors affecting the strength of stitched joints and other theoretical basis needed for the experimental part of this thesis. The experiment is applied to the product produced by joint-stock company Gala, whose main function is to ensure the strength required for practical application. The chosen product is the carrier of grass technology. To define the shear strength of various parameters the analysis of variance (ANOVA) is used. The density of stitch seam, width of tabs, a softness and type of thread are the examined parameters of the first group of samples. The second group of samples examines a type of straps, the submission of sewing and stitch parameters. The partial target is to create a catalogue of sewn joints which will serve as an orientation tool for the product construction in practice.

## **KEY WORDS**

Sewn Seam, Stitch, Sewing Thread, Technical Fabrics, Strength, Catalog of Seams, Technical Product, Anova

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>CAD</i>	Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)
<i>E</i>	Youngův modul pružnosti
<i>f</i>	poměrná pevnost
<i>FIBA</i>	Mezinárodní volejbalová federace
<i>FIVB</i>	Mezinárodní basketbalová federace
$H_0$	nulová hypotéza
$H_A$	alternativní hypotéza
<i>h</i>	tloušťka
<i>IS</i>	interval spolehlivosti
<i>K</i>	kritická hodnota
$l_0$	původní délka příze
$l_1$	konečná délka příze
$m_1$	původní hmotnost vzorku
$m_2$	hmotnost po odírání vzorku
<i>n</i>	počet prvků
<i>P</i>	pravděpodobnost
<i>S</i>	plocha, směrodatná odchylka, levotočivý zákrut
$S^2$	rozptyl
$S_R^2$	průměr rozptylů
$S_T^2$	rozptyl z průměrů
<i>T</i>	testová statistika, délková hmotnost
<i>t</i>	teplota
<i>tex</i>	jednotka délkové hmotnosti
<i>U</i>	hmotnostní úbytek
<i>V</i>	obor přijetí
<i>v</i>	variační koeficient
<i>W</i>	práce, kritický obor
$\bar{x}$	střední hodnota
$\tilde{x}$	medián
$\hat{x}$	modus

$x_i$	hodnota $i$ -tého prvku
$Z$	pravotočivý zákrut
$\alpha$	hladina spolehlivosti, chyba prvního druhu
$\beta$	chyba druhého druhu
$\beta_i$	parametry modelu
$\varepsilon$	poměrné prodloužení, neznámé náhodné chyby, seskání
$\eta$	účinnost švu
$\rho_s$	plošná hmotnost
$\rho_v$	objemová hmotnost
$\sigma$	směrodatná odchylka, napětí
$\varphi$	vlhkost vzduchu
$\Delta l$	zkrácení délky příze
$\Sigma$	suma, součet



# OBSAH

1.	ÚVOD .....	12
2.	TEORETICKÁ ČÁST .....	13
2.1	Přehled současného stavu.....	13
2.2	Definice základních pojmů .....	16
2.3	Historie a charakteristika podniku Gala a.s.....	17
2.4	Analýza vytipovaného výrobku .....	18
2.4.1	Materiály a komponenty používané pro výrobu nosiče.....	18
2.4.2	Požadavky kladené na výrobek.....	19
2.4.3	Cenová kalkulace výrobku.....	21
2.5	Stehy.....	22
2.6	Švy.....	23
2.7	Teorie pevnosti šitých spojů.....	24
2.7.1	Příčná pevnost švu .....	25
2.7.2	Faktory ovlivňující pevnost švu.....	26
2.8	Šicí nitě.....	30
2.8.1	Jemnost šicích nití.....	30
2.8.2	Konstrukční parametry šicích nití.....	30
2.8.3	Mechanické vlastnosti šicích nití .....	31
2.9	Tkané popruhy a tkaniny pro technické použití .....	32
2.9.1	Konstrukční parametry tkanin .....	32
2.9.2	Mechanické vlastnosti tkanin.....	33
2.10	Statistické zpracování dat .....	34
2.10.1	Odhady charakteristik náhodných veličin.....	34
2.10.2	Analýza rozptylu.....	38
2.10.3	Lineární regresní model .....	39
2.10.4	Testování hypotéz .....	41

2.10.5	2 <sup>k</sup> faktoriální návrh .....	44
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	49
3.1	Specifikace testovaného materiálu .....	49
3.1.1	Šicí nitě .....	49
3.1.2	Popruhy pro technické použití .....	49
3.1.3	Technické tkaniny .....	50
3.1.4	Šité zkušební vzorky .....	50
3.2	Průběh zkoušek a popis zařízení potřebných pro experimentální část .....	53
3.2.1	Měření zákrutů příze .....	53
3.2.2	Měření tloušťky popruhů a tkanin .....	54
3.2.3	Měření pevnosti v tahu .....	55
3.2.4	Měření oděru tkanin .....	58
4.	VÝSLEDKY A DISKUSE MĚŘENÍ .....	60
4.1	Šicí nitě .....	60
4.1.1	Zjištěné konstrukční parametry šicích nití .....	60
4.1.2	Naměřené mechanické vlastnosti šicích nití .....	61
4.2	Technické popruhy .....	65
4.2.1	Zjištěné konstrukční parametry popruhů .....	65
4.2.2	Naměřené mechanické vlastnosti popruhů .....	65
4.3	Technické tkaniny .....	67
4.3.1	Zjištěné konstrukční parametry tkaniny .....	67
4.3.2	Naměřené mechanické vlastnosti tkaniny .....	67
4.4	Definice závislosti pevnosti šitých spojů na různých parametrech .....	68
4.4.1	Analýza zkušebních vzorků skupiny A .....	68
4.4.2	Analýza zkušebních vzorků skupiny B .....	82
5.	NÁVRH KATALOGU ŠITÝCH SPOJŮ .....	89
5.1	Analýza šitých spojů používaných v praxi .....	89

5.2	Výběr vzorků.....	89
5.3	Struktura katalogu šitých spojů.....	90
6.	ZÁVĚR .....	91
	Seznam použité literatury: .....	93
	Seznam použitých obrázků: .....	96
	Seznam použitých tabulek: .....	98
	Seznam příloh: .....	100

# 1. ÚVOD

Podmínkou úspěšnosti každé výrobní společnosti je zvládnout řízení několika základních procesů. Mezi základní procesy patří strategie, obchod, marketing a výroba. Základ úspěchu začíná při samotném zhotovování výrobků. V současné době jsou v průmyslové výrobě kladeny vysoké požadavky na kvalitu výroby a v první řadě na samotnou kvalitu výrobků. Z těchto důvodů se společnost Gala a.s., jež je iniciátorem předkládané diplomové práce, rozhodla zaměřit právě na záležitosti vztahující se k výrobní činnosti firmy.

Teoretická část práce bude zahrnovat průzkum literatury na téma analýza šitých spojů. Dále bude obsahovat teorii šitých spojů s přehledem faktorů ovlivňujících pevnost šitých spojů a další teoretická východiska potřebná pro zpracování experimentální části diplomové práce a následné vyhodnocení výsledků a diskusi měření.

Experimentální část práce se bude zabývat optimalizací pevnosti šitých spojů u výrobku, kde šité spoje plní nosnou funkci. Vybraným produktem je nosič travní techniky. Na jehož základě bude analyzována závislost pevnosti šitých spojů při různých parametrech vyhotovení zkušebních vzorků. Před samotným definováním závislosti pevnosti na zvolených parametrech a jejich vzájemných interakcích bude provedena analýza daného produktu. Analýza výrobku bude spočívat ve shromáždění informací o výrobku a uvedení veškerých nároků a požadavků vztahujících se k jeho výrobě a následném užívání v praxi. Součástí experimentální části práce bude rozbor a testování komponentů použitých pro vyhotovení zkušebních šitých vzorků. Základní konstrukční parametry a mechanické vlastnosti se budou testovat u použitých šicích nití, tkaných popruhů a technických tkanin, poskytnuté společností Gala a.s.

Součástí diplomové práce bude vytvoření návrhu katalogu šitých spojů, který bude sloužit technicko-hospodářským pracovníkům jako rychlá orientační pomůcka při konstrukci výrobků v praxi. Katalog se bude vztahovat na standardně používané šité spoje ve společnosti Gala a.s. Katalog bude zahrnovat šité spoje vytvořené na šicích strojích šijících dvounitným vázaným stehem rovným a šicích automatech šijících dvounitným vázaným stehem klikatým.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Přehled současného stavu

Na základě průzkumu literatury byla vytvořena rešerše na téma pevnost šitých spojů. Bylo zjištěno, že problematikou pevnosti šitých spojů a faktorů, které ovlivňují konečnou pevnost šitého spoje, se zabývalo mnoho výzkumníků. Většinou se jednalo o zkoušky tahových vlastností u zkušebních vzorků, které prezentovaly nové nebo modifikované metody zhotovení a další postupy před samotnou pevnostní zkouškou. Pevnostní zkoušky šitých spojů byly zaměřeny na speciální oblasti ve výrobě. Jednalo se o výzkumy vztahující se ke změnám tahových vlastností, při použití například nového druhu nitě, nebo zkoumání míry ovlivnění tahových vlastností bavlněných tkanin po merceraci. Celá řada prací byla zaměřena na tahové vlastnosti vlněných textilií, dále také na změnu vlastností švů po násobném praní apod.

Problematikou pevnosti šitých spojů se v práci zabývá Vaida [1]. Cílem výzkumu bylo analyzovat pevnost švu při použití PES – PTFE šicích nití, při odlišných způsobech výroby uvedené šicí nitě. Sledován byl proces zvlákňování, jehož postup a parametry procesu byly záměrně měněny. Tahové zkoušky u šitých spojů byly prováděny pomocí pevnostní zkoušky. Z analýzy vyplývá, že pevnost v tahu PES – PTFE nití přímo závisí na jejich výrobních parametrech. Maximální síly je dosaženo použitím průměrných hodnot rychlosti vzduchu a středního tlaku vzduchu. V průmyslu mohou být PES – PTFE šicí nitě použity i pro vysokorychlostní šití, vzhledem k jejich dobré stabilitě v procesu šití.

Tahovými vlastnostmi švů se zabýval také ve své práci Doshi [2], který pojednává o základních faktorech ovlivňující pevnost šitého spoje. V článku autor popisuje faktory, které musí být při hotovení výrobku zohledněny, aby byla zajištěna dle požadavku dostatečná pevnost. Zahrnuje vhodný výběr typu švu, hustoty stehu, tvaru a jemnosti jehly, jemnosti a druhu nití, typu stehu atd. Důležitou roli hraje také správné seřízení šicího stroje. U šitých spojů se provádí pevnostní zkoušky, které jsou v článku blíže charakterizovány. Měření pevnosti švu je součástí kontroly jakosti. Článek obsahuje přehled v praxi používaných typů švů doplněný stručným popisem jejich vyhotovení. Dále je u jednotlivých faktorů popsáno, jakým způsobem pevnost švu

mohou ovlivnit. Podrobněji se autor zabývá správným výběrem šicí jehly, šitým materiálem, šicím materiálem a šicím strojem.

V knize [3], která vznikla za přispění výzkumných pracovníků z celého světa, Saville pojednává o principech a postupech testování různých vlastností tkanin. Zaměřuje se na nejnovější postupy zkoušení tkanin. Popisuje zkoušky chemické, mechanické a fyzikální. Kniha je doplněna statistickými metodami zpracování. Součástí knihy je kapitola zabývající se pevností a roztlačností švů. Principiálně popisuje test tahových vlastností švů, který patří mezi nejrozšířenější mechanické měření na tkaninách. Kvalitu a výkonnost hotového výrobku ovlivní síla švu, proto je třeba zajistit účinnost a optimální podmínky šití. Blíže je v kapitole uvedeno jaké faktory a parametry pevnost švu mohou ovlivnit. Autoři se zaměřují na následky různých důvodů porušení švů a podrobně popisují metody pro testování pevnosti švů, doplněné charakteristikou zkušebních přístrojů. Dle norem jsou podrobně uvedeny přípravy zkušebních vzorků apod. Kniha představuje komplexní souhrn pro testování textilií, která slouží jako učební pomůcka, ale také jako příručka v praxi.

Problematikou závislosti hustoty stehu na pevnosti, tažnosti a účinnosti šitého spoje se zabývá ve svém výzkumu [4] Chowdhary se skupinou dalších autorů. Tato studie byla zaměřena na vzorky s rozdílnou hustotou stehu na určitou délku šitého spoje. Jednalo se o tři různé hustoty stehu. Tahové vlastnosti byly testovány pevnostní zkouškou tzv. INTRON. Pro vyjádření účinnosti švu se použil vztah, který je dán silou nesešitého materiálu k síle sešitého zkušebního vzorku. Výsledné hodnoty byly vyjádřené v procentech. Dále byla použita analýza rozptylu tzv. ANOVA, následně bylo provedeno testování hypotéz pomocí *t*-testu. Výsledky studie byly vyjádřeny na základě vědeckého základu, který přináší přínos pro konvenční postupy v daných oblastech. Součástí studie jsou dílčí výsledky experimentu. Mezi nimi jsou parametry testované textilie (plošná a objemová hmotnost), průměry a směrodatné odchylky pevnosti šitého spoje, výsledky *t*-testu variability pro pevnost švu na hustotě stehu. Závěrem je uvedena efektivita hustoty stehů na pevnosti šitého spoje.

Šev je rozhodujícím parametrem výkonnosti výrobku, na šev působí několik faktorů nejen při zhotovování, ale také při jeho užívání a údržbě. Sikka a kolektiv autorů se v práci [5] zaměřil právě na vliv údržby na tahové vlastnosti švů. Byl zkoumán vliv praní na tahové vlastnosti švů u tkanin. Vzorky zkoušených tkanin byly

vytvořené na základě různých parametrů vyhotovení. Jednalo se o parametry – hustota stehu (počet stehu na určitou délku), složení základního šitého materiálu a složení šicích nití, přesněji se jednalo o hrubší šicí nitě ze směsi polyester - bavlna a jemnější bavlněné nitě. Na uvedených zkušebních vzorcích byly testovány mechanické vlastnosti. Podstatnými dílčími výstupy byl počáteční modul, pevnost švu, deformace při přetržení. Důsledkem praní došlo v obou případech k určitým změnám. U hrubší příze (PES/ba) bylo zaznamenáno větší snížení počátečního modulu. U bavlněných nití násobné praní způsobilo větší pokles síly ve švu, snížení účinnosti švu i větší deformace při přetrhu. Dále z výzkumu vyplynulo, že tahové vlastnosti švů zkušebních vzorků se s rostoucí hustotou stehu do určité míry zvyšují, násobné praní způsobuje snížení odolnosti šitého spoje v ohybu.

Pevnosti švů se zabývá studie [6], Levent a kolektiv autorů se zaměřili na experiment – předvídání pevnosti švů u popruhů pro padákové sestavy. Síla těchto švů představuje důležitou vlastnost, která má podstatný vliv na mechanické vlastnosti padákových sestav. V práci jsou zmíněny základní faktory ovlivňující pevnost švu a na nich byly účinky pevnosti analyzovány. Blíže se jednalo o faktory – druh a parametry stehu a švů, šíři tkaného popruhu a délka šitého spoje. Popruhy používané u padáků byly vyrobeny z polyamidu 6.6. Pro zjištění předpokládané pevnosti švů u popruhů byly zvoleny Taguchiho statistické metody, na kterých byl experiment aplikován. Pro každý faktor a pro stanovení jeho vlivu na pevnost byla použita analýza rozptylu (ANOVA). Z provedené analýzy bylo zjištěno, že zkoumané faktory výrazně ovlivňují pevnost švu. Dále bylo zjištěno optimální zvolení těchto jednotlivých zkoumaných faktorů tak, aby tvořily šitý spoj, který bude vyhovovat a splňovat dané pevnostní podmínky. Experiment byl tedy vyhodnocován dvěma statistickými metodami, následně byla zjištěna fyzická síla švu. Výsledné zjištěné hodnoty se navzájem porovnály. Na základě porovnání bylo vyhodnoceno, která z metod byla při stanovení předpokládané síly přesnější. Jednalo se o model programu Minitab. Zjištěné hodnoty byly v tomto programu staticky zpracovány, zahrnovaly základní statistické údaje – průměr, směrodatnou odchylku a 95% intervaly spolehlivosti.

## 2.2 Definice základních pojmů

V následujícím textu budou vymezeny základní pojmy, které usnadní orientaci v práci.

**Optimalizace** - je proces výběru nejlepší varianty z množství možných jevů [7].

**Šev** - spojení dvou a více textilních materiálů šitím, lepením, svařováním, aj [8].

**Steh** - Je to rovinný nebo prostorový útvar, vytvořený jednou nebo více nitěmi v šitém díle. Systematickým opakováním tvorby stehu vznikne soubor stehů – tzv. stehový řádek, který splňuje funkci spojovací či estetickou [8].

**Popruh** - úzká plošná textilie vyráběná převážně tkaním [9].

**Textilní technický výrobek** – není určen pro osobní použití, ale pro použití v průmyslu, zemědělství, zdravotnictví, stavebnictví, armádě apod. Jsou na něj kladeny přesné specifické požadavky dle účelu jeho použití. Své specifické vlastnosti si musí výrobek zachovat v nezměněné kvalitě po celou dobu svojí životnosti. Tato kvalita musí být garantována výrobcem, resp. dodavatelem [10].

**Pevnost** – maximální tahová síla zjištěná v průběhu zkoušení textilie tahem do přetržení [11].

**Pevnost při přetržení** – tahová síla zjištěná v okamžiku přetržení vzorku [11].

**Tahová síla** – síla působící na zkoušenou textilií v kterémkoliv okamžiku zkoušení textilií tahem [11].

**Předpětí** – tahová síla, působící na vzorek zkoušené textilie ve směru osy při upínání, zajišťující stanovenou počáteční délku vzorku [11].

**Zkoušení textilií tahem** – zkoušení textilií působením tahové síly za předem daných podmínek, pro stanovení jedné nebo několika veličin mechanických vlastností [11].

**Katalog** – vhodně uspořádaný seznam, výčet popřípadě soupis různých entit stejného významu, charakteru, účelu a významu. Může mít různou podobu, jako tištěné dílo ve formě brožury nebo knihy, kartotéka apod. [12].



## 2.3 Historie a charakteristika podniku Gala a.s.

Společnost Gala byla založena jako národní podnik 4. července 1949 v Šumperku. Původní výrobní program zahrnoval výrobu brašnářského, kožedělného a sedlářského zboží. Z důvodu reorganizace podniku byla v roce 1950 zahájena likvidace závodu a přesun do Krasic u Prostějova. V roce 1951 byl zřízen nový národní podnik Gala se sídlem v Krasicích se sedmi pobočnými závody. Vyráběným produktem byly především sportovní potřeby, které jsou pro společnost Gala a.s. i v současnosti charakteristické a díky kterým je společnost světově uznávaná. Změna politických poměrů v roce 1989 měla za následek přerušení významných obchodních styků a vytvoření vysoké konkurence v podobě asijských zemí. Z toho důvodu byl podnik v roce 1994 převeden na formu akciové společnosti.

V současnosti Gala a.s. má zastoupení prostřednictvím prodejců ve více než třiceti převážně evropských zemích. Neustále přetrvává tradiční produkce míčů. Vysokou kvalitu míčů potvrzují certifikáty mezinárodních federací FIVB a FIBA. Kromě výroby míčů zahrnuje nabídka společnosti Gala a.s. zakázkovou výrobu batohů a šitých doplňků pro armádu, policii a záchranářské složky. Dále společnost vyrábí nosiče na zahradní techniku, boxovací pytle a další sortiment těžké galanterie. Mezi významné zákazníky patří firmy STIHL, Decathlon, Scott&Tyco, armády zemí Evropské Unie, Ministerstvo vnitra České Republiky a další. Společnost disponuje vlastním návrhářským a vývojovým oddělením, které mají společný cíl, čímž je udržet Galu a.s. konkurenceschopnou na dnešním trhu. Logo firmy Gala a.s. je uvedeno na obrázku 1 [13].

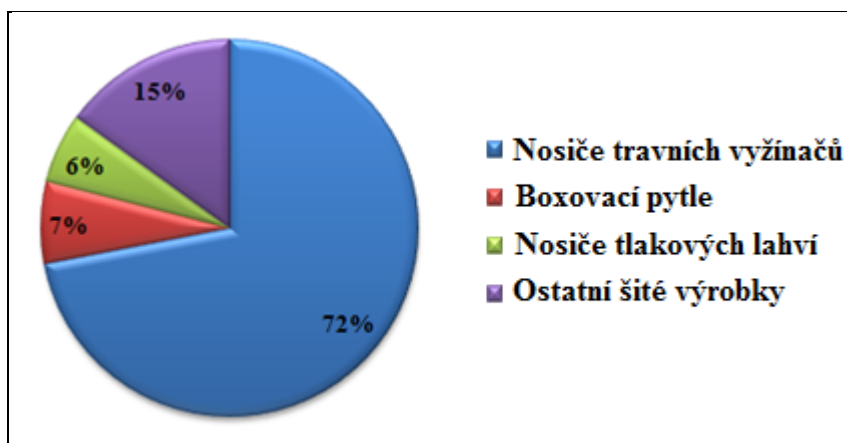


*Obr. 1. Logo firmy Gala a.s [13].*

## 2.4 Analýza vytypovaného výrobku

Pro testování byl zvolen šitý výrobek, jehož hlavním účelem je zajistit nosnou funkci. Pro experiment byl vybrán **nosič na travní techniku** respektive křovinořezy. Právě tento výrobek představuje 72% šité výroby firmy, procentuelní rozložení šité výroby společnosti Gala a.s. je uvedeno na grafu (obr. 2). U výrobku budou testovány mechanicky namáhané švy. Produkt je vyráběn pro firmu STIHL pod názvem „Universalgurt Advance“, neboli Univerzální nosič.

Nosič slouží jako univerzální závěsný systém křovinořezů a travních vyžínačů pro profesionální nebo domácí využití při péči o krajinu. Dále nosič slouží k zajištění komfortu při prováděné práci. Obecně soupravy nosičů a travních vyžínačů pracují tam, kde se pojízdné sekačky a zahradní traktory nedostanou. Používají se při vyžínání pozemku, při prosvětlování zarostlých ploch nebo při obtížné údržbě na strmých svazích.



*Obr. 2. Graf procentuelní rozložení šité produkce společnosti.*

### 2.4.1 Materiály a komponenty používané pro výrobu nosiče

Nosič je vyráběn z materiálů schválených firmou STIHL a podléhají hygienickým mezinárodním normám. Travní nosiče jsou vyráběny z několika základních materiálů. Jsou tvořeny z **vrchového materiálu**, především se jedná o polyamid, nebo směs polyesteru a bavlny. Jako **výplňkové materiály** jsou používány polyethylenové pěny, pro **nosné části** jsou používány syntetické hmoty. Součástí nosných částí jsou tkané popruhy, které jsou vyráběné ze syntetických materiálů, nejčastěji z polypropylénu.

## 2.4.2 Požadavky kladené na výrobek

### Požadavky na výrobu nosiče

Na nosič travní techniky jsou kladeny určité požadavky. Technické a konstrukční provedení nosiče podléhá bezpečnostním a kvalitativním předpisům, které jsou tvořeny na základě mezinárodních bezpečnostních standardů. Výrobek by měl jednak zajistit komfort při prováděné práci, zabezpečit stabilitu stroje, ale rovněž zvládnout odolávání mechanickému namáhání při provozu.

Podrobněji výrobek podléhá podnikové normě [14] firmy STIHL **SWN 41400 – 01 Gurte und Tragsysteme für Motorgeräte - Pásky a podpůrné systémy pro motorová zařízení**. Norma vydaná v listopadu 2007 uvádí veškeré technické a konstrukční požadavky na výrobu travního nosiče Universal. Pro předkládanou diplomovou práci je podstatný výtah z normy **Festigkeitsprüfung – zkouška pevnosti**. Ten uvádí stanovené pevnosti šicích spojů, kterým musí nosiče travní techniky odolat bez poškození výrobku nebo porušení šitého spoje, při mechanickém namáhání. Výrobky podléhají zkouškám prováděných dle normy na univerzálních zkušebních strojích.

### Švy používané u nosiče travní techniky:

Každý šev je ve výrobku do určité míry namáhán. U nosiče jsou použity dva typy švů, *hřbetový a přeplátovaný*. V obou případech jsou švy šité vázaným stehem.

#### ➤ **Hřbetové švy**

Jsou konstruované pomocí dvounitného vázaného **rovného** stehu, tvoří nosný obal z textilních materiálů, ve kterém je zašita vycpávka. Tento šev není extrémně namáhán a měl by odolávat mírné zátěži (obr. 3).

#### ➤ **Přeplátované švy**

Jsou konstruované pomocí dvounitného vázaného **klikatého** stehu, ve výrobku jsou využívány k našití textilního popruhu na ramenní polstrovaný popruh (obr. 4). Tyto švy musí při používání odolávat velké zátěži.

Definování velikostí zátěží je uvedeno v experimentální části. Této stanovené síle musí při používání výrobku v praxi švy odolávat, aniž by byl porušen.



*Obr. 3. Detail zobrazující hřbetový šev.*



*Obr. 4. Detail zobrazující překlátovaný šev.*

### **Požadavky na design výrobku**

Design nosiče je vyvinut Gala a.s. na základě požadavků firmy STIHL. Design výrobku je chráněn **průmyslovým vzorem**. Ukázka nosiče travních vyžínačů je zobrazena na obrázku 5. Průmyslovým vzorem se rozumí vzhled výrobku, spočívající zejména ve znacích, obrysech, barev, tvaru, struktury nebo materiálů výrobku samotného, nebo jeho zdobení. Jde o vizuálně vnímatelnou vlastnost výrobku, nikoliv např. o jeho technickou nebo konstrukční podstatu [15].



*Obr. 5. Nosič na travní techniku.*

Barevnost výrobku je tvořena na základě firemních barev, které slouží zároveň i jako prezentace a reklama firmy. Blíže se jedná především o barvu černou a oranžovou, které se za dlouholetou firemní existenci staly pro uvedenou firmu více než charakteristické. Prezentovaná firemní loga jsou právě tak tvořena na základě **logotypu** firmy STIHL a jsou opatřeny mezinárodní ochrannou známkou na ochranu průmyslového vzoru. Logotypem se rozumí písmová nebo slovní značka, graficky znázorněný název společnosti, firmy, výrobku, značky apod. Pokud je logotyp důsledně používán, může se stát důležitou součástí propagačního stylu firmy [15].

### 2.4.3 Cenová kalkulace výrobku

Standardně se ročně vyrobí ca 150 000 kusů uvedených nosičů. Ceny a provedení se průběžně mění vlivem stávající ekonomické situace a také dle požadavku odběratele. V následující tabulce 1 jsou procentuálně vyjádřené současné náklady na výrobu jednoho produktu [15].







**Tab. 1.** *Struktura výrobních nákladů uvedená procentuelně.*

Druh nákladu		Náklady [%]
Povrchový materiál PAD		8,3
Povrchový materiál PES/ba		9,1
Výplň – PU pěna		25,8
Popruhy		9,4
Koženka		4,9
Šicí nitě		2,7
Kování		24,0
Ostatní materiálové náklady	(tisk, etiketa, balení)	15,8
<b>Materiálové náklady celkem</b>		<b>60,4</b>
<b>Zpracovatelské náklady</b>	(výrobní režie, mzdy, odpisy)	<b>39,6</b>
<b>Výrobní cena celkem</b>		<b>100</b>

## 2.5 Stehy

Používané rozdělení stehů je obsaženo v ISO normě 4915, ve které je zahrnuto 6 tříd stehů (tab. 2). Pro předkládanou práci jsou hlavní stehy třídy 300, přesněji stehy **301 a 304**. Tento druh stehu je vytvářen strojově jednou nebo více vrchními nitěmi s jednou nití spodní. Při tvoření stehu procházejí první skupiny nití šitým materiálem, v jehož středu se provazují s nití druhé skupiny [16].

**Tab. 2.** Přehled tříd stehů [16].

Třída stehu	Název stehu	Nákres stehu
100	Jednonitné řetízkové	
200	Ruční	
300	Dvou a vícenitné vázané	
400	Dvou a vícenitné řetízkové	
500	Obnitkovací	
600	Krycí	

### Výhody vázaného stehu [16]:

- ✓ u většiny stehů má líc stejný vzhled jako rub
- ✓ pevnost stehu
- ✓ obtížná paratelnost
- ✓ možnost ukončení stehové řady proti vypárání

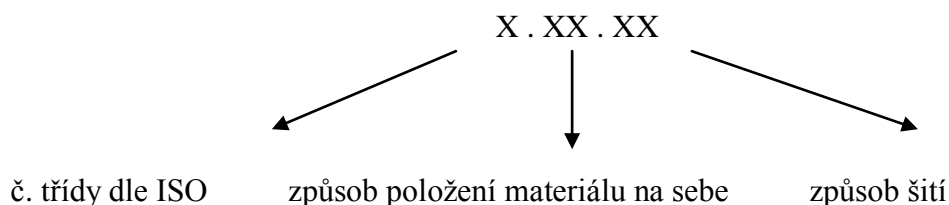
### Nevýhody vázaného stehu [16]:

- ✗ malá tažnost
- ✗ omezená zásoba spodní nitě - omezená kontinuita šití

## 2.6 Švy

Švy se dělí podle normy ISO 4916 do 8 tříd (tab. 3). Třídy se liší charakteristickým položením spojovaného materiálu při procesu spojování [16].

Označení jednotlivých tříd podle ISO:



**Tab. 3.** Přehled tříd švů [16].

Třída švu	Název švu	Nákres švu
<b>1.01.01</b>	Hřbetové	
<b>2.01.01</b>	Přeplátované	
<b>3.01.01</b>	Lemovací	
<b>4.01.01</b>	Dotykové	
<b>5.01.01</b>	Ozdobné	
<b>6.02.01</b>	Obrubovací	
<b>7.02.01</b>	Začišťovací	
<b>8.06.01</b>	Zajišťovací	

Při výrobě nosiče na travní techniku jsou standardně používány ***hřbetové a přeplátované švy***.

### ➤ Hřbetové švy třídy 1.00.00

Jsou charakterizované tím, že dvě nebo více vrstev spojovaného materiálu se položí na sebe a spojí se jednou nebo několika řadami stehů. Stehy se mohou vést buď v kraji stykových ploch šitého materiálu, nebo v libovolném místě.

### ➤ Přeplátované švy třídy 2.00.00

Jsou charakterizované tím, že dvě nebo více vrstev materiálu se položí přes sebe (překryjí se kraje) a spojí se jednou nebo několika řadami stehů. Stehy jsou vedeny v místě překrytí šitých materiálů [16].

## 2.7 Teorie pevnosti šitých spojů

Pevnost obecně je definována jako odpor proti působení vnějších sil. Vnější silové působení je charakterizováno pomocí fyzikální veličiny *napětí*. Jako napětí je označován podíl síly a plochy, na kterou tato síla působí. Vztah pro napětí je definován [17]:

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

kde  $\sigma$  je napětí [Pa],  $F$  je síla [N],  $S$  je plocha [m<sup>2</sup>].

Vztah mezi napětím a deformací se vyjadřuje pomocí tzv. **Hookeova zákona** [17]:

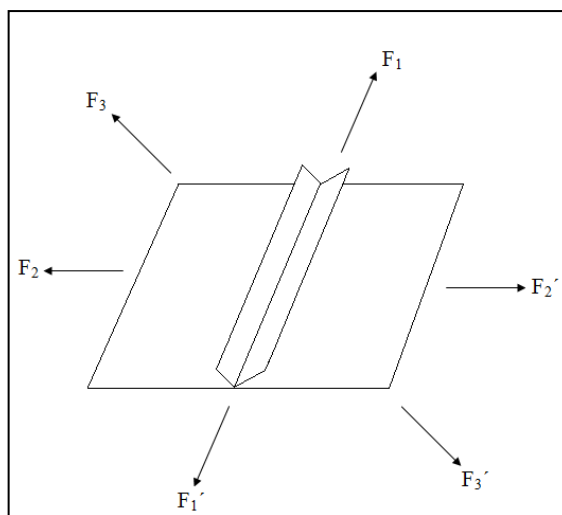
$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

kde  $E$  představuje Youngův modul pružnosti [Pa],  $\varepsilon$  je poměrné prodloužení a  $\sigma$  je napětí [Pa].

Pevnost švu představuje jednu z nejdůležitějších vlastností, které zabezpečují funkčnost a kvalitu výrobku. Je definována jako schopnost šitého spoje odolávat působení vnějších tahových sil, aniž by došlo k destrukci spojovaného materiálu nebo šicí nitě. Tato destrukce by mohla u šitého technického výrobku znamenat v nejhorším případě dokonce ublížení na zdraví. Z toho důvodu je především pro výrobce znalost problematiky pevnosti šitých spojů a s tím spojená následná volba vhodného švu velmi důležitá. Šitý spoj je při používání výrobku v praxi namáhán různými směry působení vnějších sil [18].

V rovině textilie je šitý spoj namáhán ve směru podélném - ve směru šití ( $F_1, F_1'$ ), ve směru příčném - kolmo ke směru šití ( $F_2, F_2'$ ) a ve směru obecném ( $F_3, F_3'$ ). Na obrázku 6 jsou znázorněny jednotlivé směry působení vnějších sil na šitý spoj. Obecně se u šitých spojů stanovuje pevnost švu (ve směru příčném), roztažnost švu (ve směru podélném) a pevnost ve vytržení. Pro práci je podstatné ověření vlivu na **příčnou pevnost** šitého spoje.





**Obr. 6.** Schematické znázornění působení vnějších sil na šitý spoj.

### 2.7.1 Příčná pevnost švu

Příčná pevnost švu vyjadřuje sílu působící kolmo na směr šití, která je potřebná k porušení šitého spoje nevratnou změnou.

Nevratná změna u šitého spoje může nastat při:

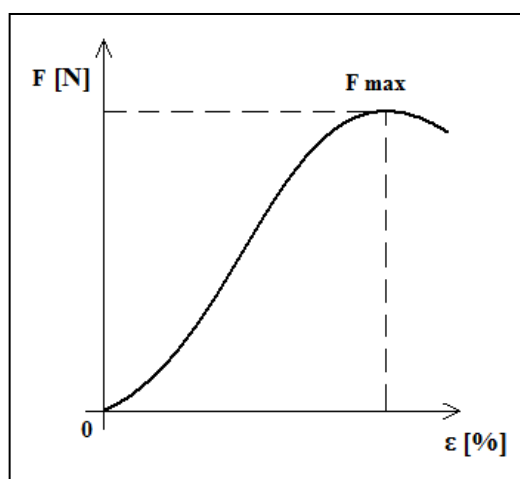
- přetrhu šicí nitě
- přetrhu spojované plošné textilie v okolí švu
- posuvu nití ve švu
- kombinace výše uvedených možností.

U příčného namáhání švu lze vyhodnotit tzv. *účinnost švu*. Ta představuje podíl pevnosti sešitého vzorku a pevnosti vzorku nesešitého vzorku materiálu. Účinnost švu je vyjadřována v procentech. Standardně je doporučováno, že by se účinnost švu měla pohybovat kolem 80 %. Vztah pro účinnost švu je vyjádřeno [17]:

$$\eta = \frac{Fs}{Fn} \cdot 10^2, \quad (3)$$

kde  $\eta$  je účinnost švu [%],  $Fs$  je pevnost sešitého vzorku [N],  $Fn$  představuje pevnost nesešitého materiálu [N].

Příčná pevnost se stanovuje tahovou zkouškou, kdy je zkušební vzorek protahován kolmo ke švu. Tahové vlastnosti švů plošných textilií jsou zjišťované pomocí trhačího stroje s konstantním přírůstkem prodloužení. Norma pro zjišťování tahových vlastností švů plošných textilií je rozdělena na dvě části, první část představuje – „Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip“ a část druhá „Zjišťování maximální síly do přetrhu metodou Grab“. Při protahování zkušební vzorku v průběhu zkoušky je zaznamenána maximální síla  $F_{max}$  (obr. 7). Na obrázku je znázorněna ukázka tahové křivky, kdy osa  $x$  představuje prodloužení  $\varepsilon$  vyjádřené v procentech, osa  $y$  sílu  $F$  v newtonech [19].

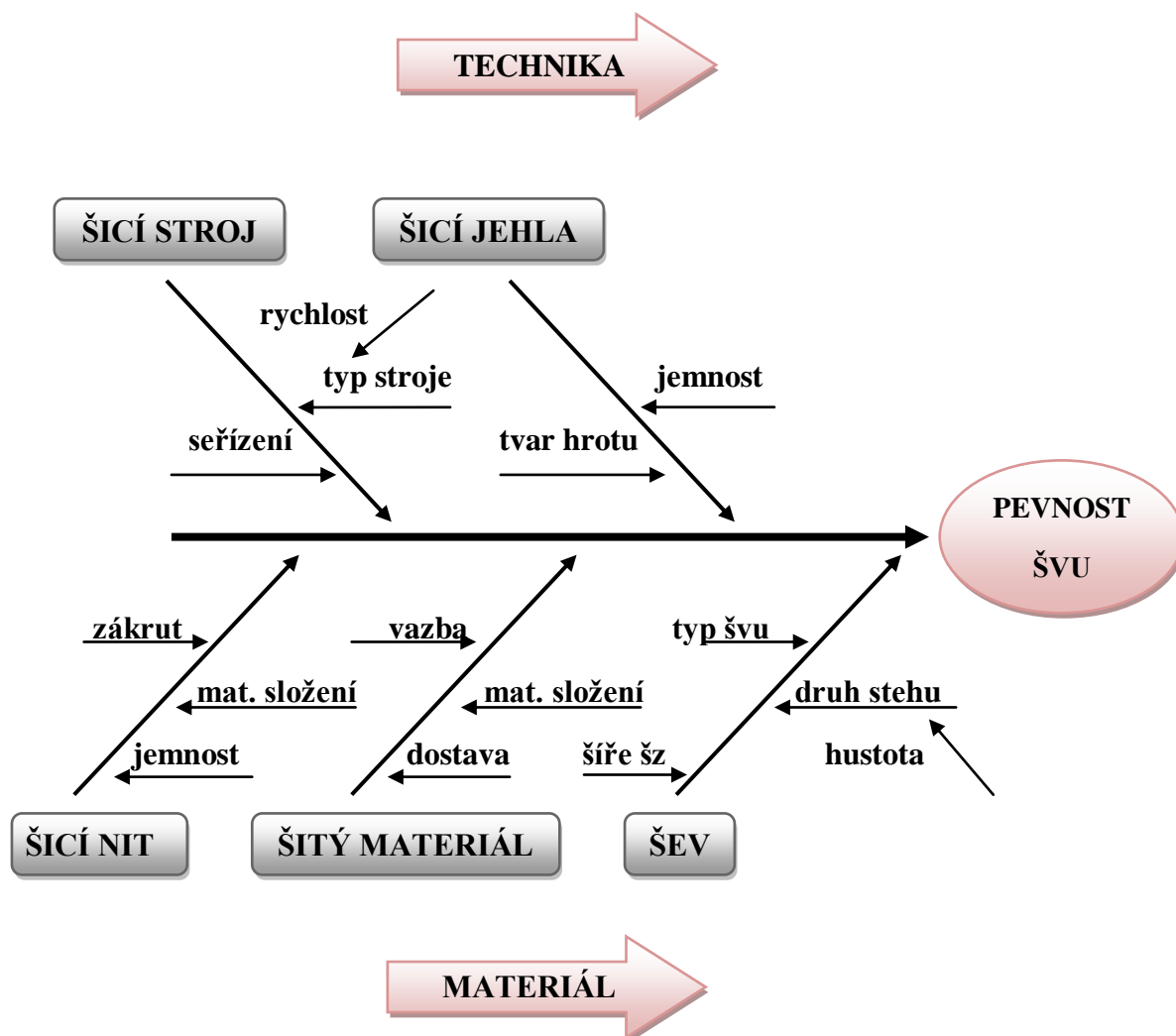


**Obr. 7.** Znázornění tahové křivky.

### 2.7.2 Faktory ovlivňující pevnost švu

Pevnost švu je ovlivněna několika vstupními faktory. Pro přehlednost byly sepsány a zavedeny do diagramu. Pro analýzu byl zvolen **Ishikawův diagram** často nazývaný „rybí kost“ dle svého typického tvaru nebo diagram příčin a následků.

Jeho použití představuje systémový přístup k řešení problému, umožňuje zdokumentovat veškeré příčiny ovlivňující řešený problém, v našem případě se jedná o pevnost švu. Definovaný následek se zakreslí na pravou stranu diagramu, dále se určí hlavní kategorie příčin, kterými jsou technika, do níž spadá šicí stroj a šicí jehla, další kategorií je materiál, kam byla zařazena šicí nit, šitý materiál a parametry švu (obr. 8) [20].



Obr. 8. Ishikawův diagram příčin ovlivňujících pevnost švu.

Na příčnou pevnost švu má tedy vliv celá řada výše zmíněných parametrů. Dále budou blíže charakterizovány materiálové faktory a jejich předpokládaný vliv na pevnost šitých spojů. Pevnost švu ovlivňují následující parametry [18]:

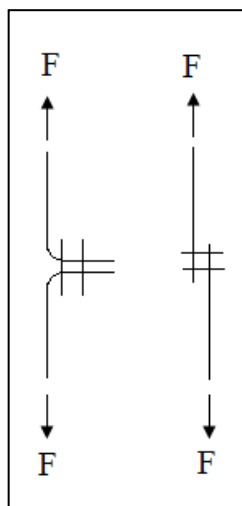
#### ➤ Druh a hustota stehu

Druhy stehu (uvedeny v kapitole 2.5) nejčastěji používané u technických výrobků jsou dvounitné vázané stehy rovné nebo klikaté. Parametry stehu – hustota, rozložení vazných bodů, ovlivní nejen pevnost, ale také roztažnost švu. Hustota stehu je definována jako počet stehů na jednotku délky. S rostoucí hustotou stehu roste spotřeba nitě ve švu, zvyšuje se roztažnost švu a dochází ke zpomalování šicího procesu.

Současně se zvyšuje počet průpichů jehlou a hrozí poškození šitého materiálu. Z těchto uvedených důvodů je velmi důležité zvolit optimální počet stehů. Pro technické výrobky se šíře švové záložky obecně pohybuje kolem 3,5 – 4 stehů na jeden centimetr [18].

#### ➤ Druh švu a jeho provedení

Druhy švů (uvedeny v kapitole 2.6) mají významný vliv na konečnou pevnost šitého spoje. Mezi používané švy u technických výrobků patří švy hřbetové, přeplátované a lemovací. Obecně hřbetové švy se používají u méně namáhaných švů, u namáhaných švů se používají švy přeplátované. Pevnost švu je ovlivněna jak způsobem uspořádání materiálu ve švu, tak počtem stehových řad ve švu. Použití dvou řad stehů představuje zvýšení pevnosti. Ovšem ve skutečnosti se nejedná o dvojnásobné zvýšení pevnosti, protože při zatížení švu se síla nevětví do obou řádků rovnoměrně, (obr. 9) [18].



**Obr. 9.** Zatížení dvouřádkového švu.

#### ➤ Šíře švové záložky

Švová záložka je část šitého materiálu od okraje plošné textilie ke švu. Šíře švové záložky se volí s ohledem na charakter a vlastnosti šitého materiálu, typu výrobku a dle technologických požadavků odběratele. Čím větší švová záložka, tím šev odolává vyšší pevností. Ovšem pouze do určité mezní hodnoty, nad tuto hodnotu nemá šíře již takový vliv na pevnost.

### ➤ Druh šicí nitě

Důležitým komponentem, který má vliv na konečnou pevnost švu je šicí nit. Při průchodu šitým materiálem dochází k několikanásobnému mechanickému, termickému a rázovému namáhání šicí nitě. Těmto vlivům musí šicí nit odolat při procesu šití a v šitém výrobku plnit pevnostní funkci. Pevnost nitě ovlivňuje její materiálové složení, jemnost a počet zákrutů. K přetrhu šicí nitě může dojít vlivem nevhodně zvoleného druhu nitě, vysoké rychlosti šití, nesprávného seřízení šicího stroje, nevhodně zvolené hustoty stehu a nevhodně zvoleného druhu stehu, popř. švu.

Nutné je zvolit správnou jemnost šicí nitě vůči jemnosti jehly a šitého materiálu. Příliš jemná šicí nit k šitému materiálu - vzniká nepevný šev, naopak příliš silná šicí nit oproti šitému materiálu znamená možné prosekávání švu. Silná nit vůči jehle brání zacházení nitě do drážky jehly při šití a tím dochází k namáhání šicí nitě důsledkem tření o čitý materiál [18].

### ➤ Parametry šitého materiálu

V neposlední řadě pevnost švu ovlivňují vlastnosti a charakter spojovaného materiálu. Základním faktorem je **druh** zvoleného **materiálu**, obecně platí, že pro plošné textilie určené pro výrobu technických výrobků se používají syntetické materiály. Přírodní materiály jsou využívány méně z důvodu nedostatečných mechanických vlastností, nebo příliš vysoké finanční nákladnosti. S druhem materiálu plošné textilie souvisí typ použité **vazby**. Běžně u technických textilií se používá vazba plátňová, obecně známá jako nejjednodušší a nejpevnější. Samotnou vazbu pak vzhledem k pevnosti ovlivňuje **dostava**. Čím vyšší hustota dostavy, tím roste pevnost textilie. Naopak u řídké dostavy je vyšší sklon k posuvu nití ve švu. Vliv na pevnost švu má také **povrchová úprava** textilie, např.: textilie s rubním zátěrem (tzv. pogumováním). Velmi důležité je vhodně zvolit hrot strojové jehly, hustotu stehu, jemnost šicí nitě v závislosti na charakteru šitého materiálu. K přetrhu šitého materiálu může dojít vlivem, nevhodně zvolené pevnosti šicí nitě nebo poškozením šitého materiálu při šití [18].

## 2.8 Šicí nitě

Šicí nitě spolu se šicím strojem a šitým materiálem mají rozhodující vliv na kvalitu šitého spoje. Společné ustanovení šicích nití je uvedeno v normě ČSN 80 2151, určuje zásady třídění nití, základní užitékové vlastnosti pro všechny druhy šicích nití a podobně.

### 2.8.1 Jemnost šicích nití

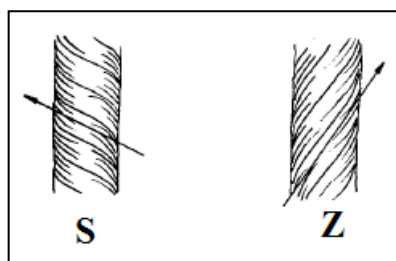
Jemnost neboli délková hmotnost  $T$  přízí a nití se stanoví gravimetrickou metodou. Gravimetrická metoda se stanovuje podílem hmotnosti vlákna a jeho délky. Jemnost je vyjádřena vztahem [21]:

$$T = \frac{m}{l}, \quad (4)$$

kde  $T$  je jemnost [tex],  $m$  je hmotnost [g] a  $l$  představuje délku [km].

### 2.8.2 Konstrukční parametry šicích nití

Základním konstrukčním parametrem šicích nití je jejich zákrut. Zákrut vyjadřuje počet otáček, které vloží pracovní orgán stroje do vlákenného svazku na jeho určitou délku. Opatřením vlákenného svazku zákrutem dojde ke zpevnění vláken díky zvýšenému kontaktu mezi jednotlivými vlákny. Čím mají nitě větší počet zákrutů, tím jsou pevnější, ale i tvrdší. Podle směru zakrucování vlákenného svazku, uvedeného na obrázku 10, označujeme zákrut jako pravotočivý (Z) a levotočivý (S) [21, 22].



*Obr. 10. Znázornění směru zákrutů příze - levý (S) a pravý (Z) [21].*

Následkem zakrucování při předení, popř. skaní dochází ke zkracování původní délky příze, které se nazývá **seskání**. Seskání je definováno jako podíl zkrácení původní délky

a původní délky příze, výsledek je vyjádřen v procentech. Parametr zkrácení délky se vyjádří rozdílem konečné délky a původní délky, dle vztahu [21]:

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta l}{l_0} * 10^2, \quad (5)$$

kde  $\varepsilon_s$  je seskání [%],  $\Delta l$  zkrácení délky příze [m],  $l_0$  původní délka příze [m].

Pro  $\Delta l$  platí vztah [21]:

$$\Delta l = l_1 - l_0, \quad (6)$$

kde  $l_1$  je konečná délka příze [m].

### 2.8.3 Mechanické vlastnosti šicích nití

Mechanické vlastnosti přízí a nití jsou definovány jako jejich odezva na vnější působení sil. Během mechanického namáhání dochází v niti k deformaci, která je závislá na několika parametrech. Tím jsou velikost zatížení, rychlost zatížení a doba trvání. Mechanické vlastnosti jsou popisovány tzv. ultimativními (mezními) charakteristikami. Při zkoušení mechanických vlastností se většinou jedná o zjištění meze pevnosti [23].

#### Zjišťování pevnosti v tahu

Nit je zatěžována až do destrukce neboli do přetrhu vzorku a zaznamenává se tržná síla a prodloužení do přetrhu. Síla se běžně přepočítává na jemnost příze. Výsledná hodnota se označuje také jako relativní síla. Přepočet se provádí při porovnávání různých vzorků materiálu mezi sebou, je definován vztahem [24]:

$$f = \frac{F}{T}, \quad (7)$$

kde  $f$  je relativní síla [N/tex],  $F$  je síla [N],  $T$  je délková jemnost.

Vyjádříme-li jemnost z jeho průměru a dosadíme do vztahu pro výpočet napětí, bude vztah mezi relativní silou  $f$  [N/tex] a  $\sigma$  [Pa] definován rovnicí [24]:

$$T = \frac{\pi}{4} d^2 * \rho * 10^6 = S * \rho * 10^6, \quad (8)$$

$$\sigma = \frac{F}{T/\rho} = f * \rho \rightarrow f = \frac{\sigma}{\rho}, \quad (9)$$

kde  $\rho$  je hustota [kg/m<sup>3</sup>].

## 2.9 Tkané popruhy a tkaniny pro technické použití

**Popruh** je úzká plošná textilie vyráběná převážně tkaním. Popruhy všeobecně musí mít vysokou pevnost v tahu a nízkou tažnost. Těmto požadavkům vyhovují skané příze z přírodních i syntetických materiálů. Skoro všechny syntetické materiály mají podstatně vyšší pevnost, ovšem tažnost je i u modifikovaných druhů nejméně trojnásobná oproti přírodním vláknům, jejich použití může proto být u některých popruhů problematické. Všechny druhy se tkají nejčastěji v plátňové vazbě, s velmi hustou osnovou, počet útkových nití je zpravidla méně než poloviční. **Technické tkaniny** jsou textilní materiály a produkty vyrobené především pro jejich technický výkon a funkční vlastnosti [9].

### 2.9.1 Konstrukční parametry tkanin

Následuje přehled hlavních konstrukčních parametrů tkanin.

#### Vazba

Vazba je definována jako způsob, kterým jsou vzájemně překřížené nitě v tkanině, je určována páráním nití a zakreslováním jejich provázání do patrony [24].

#### Tloušťka

Tloušťka plošné textilie je definována jako kolmá vzdálenost mezi lícem a rubem textilie [24].

#### Plošná hmotnost

Plošná hmotnost vyjadřuje hmotnost textilie na jednotku plochy. Vzorky o rozměrech 100 x 100 mm se zváží a následně jsou přepočteny na hmotnost 1 m<sup>2</sup> dle vztahu [24]:

$$\rho_s = \frac{m}{S}, \quad (10)$$

kde  $\rho_s$  je plošná hmotnost [kg.m<sup>-2</sup>],  $m$  je hmotnost vzorku [kg],  $s$  představuje plochu vzorku [m<sup>2</sup>].



### **Objemová hmotnost**

Objemová měrná hmotnost je definována jako hmotnost 1 m<sup>3</sup> plošné textilie. Vyjádří se poměrem hmotnosti vzorku a součinu plochy vzorku s tloušťkou materiálu [24]:

$$\rho_v = \frac{m}{s \cdot h}, \quad (11)$$

kde  $\rho_v$  je objemová hmotnost [kg.m<sup>-3</sup>],  $h$  představuje tloušťku materiálu [m],  $m$  je hmotnost vzorku [kg],  $s$  je plocha vzorku [m<sup>2</sup>].

### **Dostava**

Dostava je počet nití jednoho směru na délku 100 mm směru druhého. Stanovení dostavy je spočtením nití osnovy a útku ze vzorku 10 x 10 mm a následném přepočítání na 100 mm [24].

## **2.9.2 Mechanické vlastnosti tkanin**

U technických tkanin jsou dobré mechanické odolnosti předpokladem.

### **Oděr**

Oděr představuje zkoušku odolnosti textilie proti odírání. Výsledkem zkoušky je zjištění procentuálního úbytku hmotnosti při odírání textilie. Vztah je vyjádřen podílem rozdílu hmotností vzorků a hmotností před odíráním, dle vztahu [17]:

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 10^2, \quad (12)$$

kde  $U$  představuje hmotnostní úbytek [%],  $m_1$  je hmotnost vzorku před odíráním [g],  $m_2$  je hmotnost vzorku po odírání [g].

### **Pevnost plošných textilií v tahu**

Vzorky tkanin se zkouší ve směru osnovy a útku dle normy [25]. Zkušební vzorky musí být vystřiženy tak, aby neměly společnou nit. Tvar vzorků je stanoven na 300 x 50 mm, přičemž upínací délka je stanovena na 200 mm.

## 2.10 Statistické zpracování dat

### 2.10.1 Odhady charakteristik náhodných veličin

Jestliže provádíme odhad jedinou hodnotou, mluvíme o **bodovém odhadu**. Mezi jednotlivé bodové odhady patří odhad střední hodnota, rozptylu a směrodatné odchylky, dále modus, medián, variační koeficient a další [26].

#### Odhad střední hodnoty

Odhad střední hodnoty je odhadován aritmetickým průměrem. Odhad střední hodnoty je základní **charakteristikou polohy**. Jedná se o hodnotu, kolem které se kumulují hodnoty náhodné veličiny  $X$ . Odhad střední hodnoty náhodné veličiny  $X$  označujeme  $\bar{x}$ , nebo  $E(X)$ , je vyjádřen pomocí vztahu [26]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (13)$$

kde  $\bar{x}$  je střední hodnota,  $x_i$  je hodnota  $i$ -tého prvku,  $n$  je počet prvků.

#### Rozptyl

Odhad rozptylu je základní **mírou variability**. Jedná se o střední kvadratickou odchylku náhodné veličiny  $X$  od její střední hodnoty. A tedy určitým způsobem charakterizuje rozptýlení náhodné veličiny kolem její střední hodnoty. Rozptyl označujeme  $D(X)$  nebo  $s^2$ . Odhad rozptylu náhodné veličiny se spojitým rozdělením lze vyjádřit [26]:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \quad (14)$$

kde  $s^2$  představuje rozptyl.

#### Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka je nejužívanější míra **variability**. Je-li směrodatná odchylka malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a naopak velká směrodatná odchylka signalizuje velké vzájemné odlišnosti, lze ji vyjádřit dle vztahu [26]:

$$s = \sqrt{s^2}, \quad (15)$$

kde  $s$  je směrodatná odchylka.

### **Variační koeficient**

Posuzuje relativní velikosti rozptýlenosti dat vzhledem k průměru. Používá se, když je třeba porovnat rozptýlenost hodnot skupin měření stejné proměnné s různým průměrem. Tato hodnota je nejčastěji vyjadřována v procentech, dle vztahu [26]:

$$v = \frac{s}{|\bar{x}|} * 100, \quad (16)$$

kde  $v$  je variační koeficient [%],  $|\bar{x}|$  je absolutní hodnota průměru  $s$  je směrodatná odchylka.

### **Modus**

Modus je charakteristikou náhodné veličiny, která nesouvisí s momenty. Jde o *charakteristiku polohy*. Je to bod, ve kterém hustota rozdělení nabývá svého maxima. Jedná se o hodnotu, která se nejčastěji vyskytuje. Modus se značí –  $\hat{x}$  [26].

### **Medián**

Medián je hodnota, která dělí řadu podle velikosti seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny. Platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu. V případě, že má soubor sudý počet prvků, obvykle se za medián označuje aritmetický průměr hodnot na místech  $n/2$  a  $n/2+1$ . Jedná se o *charakteristiku polohy*. Značí se –  $\tilde{x}$  [26].

Bodový odhad neurčuje odhadovaný parametr dostatečně, neboť v sobě neobsahuje informaci o tom, nakolik se odhad od skutečné hodnoty parametru odchyluje. Pomocí intervalového odhadu lze vymezit interval, ve kterém se hodnota se zvolenou pravděpodobností lze očekávat [26].

## Interval spolehlivosti

Ke každému bodovému odhadu lze tedy sestavit tzv. **interval spolehlivosti**. Na základě známého nebo předpokládaného pravděpodobnostního rozdělení bodových odhadů (nejčastěji předpokládáno normální rozdělení) je vymezen interval, který pokrývá hledaný parametr s určitou pravděpodobností, tj. s určitou statistickou jistotou. Interval  $(t_1, t_2)$  nazýváme  $100(1-\alpha)$  procentní interval spolehlivosti (IS), kde  $\alpha$  vyjadřuje hladinu významnosti. Koeficient spolehlivosti  $(1-\alpha)$  vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou interval pokryje správnou hodnotu odhadovaného parametru  $\beta$  při opakovaném provádění výběru. Nejčastěji jsou používány hladiny spolehlivosti 90%, 95%, 99%, 99,5%. Za předpokladu, že náhodný výběr byl proveden ze základního souboru s normálním rozdělením pravděpodobnosti s parametry  $\mu$  a  $\sigma^2$ , je nutné při konstrukci intervalu rozlišovat případy pro známý, či neznámý druhý parametr [26]:

- odhad **střední hodnoty**  $\mu$  při známém rozptylu  $\sigma^2$

$$\mu \in \left( \bar{x} \pm u_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \quad (17)$$

- odhad **střední hodnoty**  $\mu$  při neznámém rozptylu

$$\mu \in \left( \bar{x} \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) \quad (18)$$

- odhad **rozptylu**

$$\sigma^2 \in \left( \frac{n \cdot s^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}}^2 (n-1)} \cdot \frac{n \cdot s^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 (n-1)} \right) \quad (19)$$

kde  $\eta$  je střední hodnota základního souboru,  $\sigma^2$  je rozptyl základního souboru,  $u_{1-\frac{\alpha}{2}}$  je kvantil normovaného normálního rozdělení  $N(0,1)$ ,  $t_{1-\frac{\alpha}{2}}$  je kvantil  $t$ -rozdělení,  $\chi_{\frac{\alpha}{2}}^2 (n-1)$  je kvantil rozdělení o  $(n-1)$  stupních volnosti.

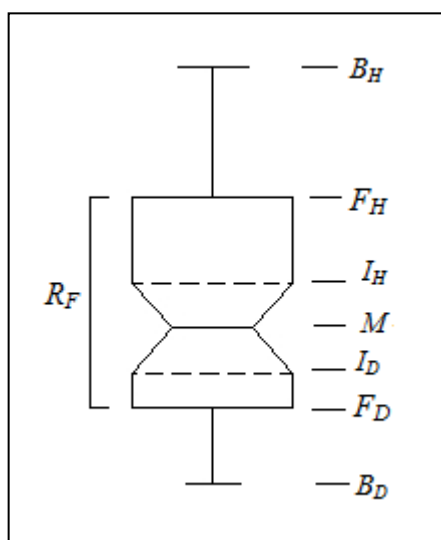
## Grafické zobrazení statistické analýzy dat - vrubový krabicový graf

Jedná se o schéma, které v jednom obrázku poskytuje informace o maximální a minimální hodnotě v souboru naměřených hodnot, o odhadu mediánu a jeho intervalu spolehlivosti, horním a dolním kvartilu tohoto souboru. Ukázka krabicového diagramu je na obrázku 11. Horní a dolní strana krabice odpovídají **hornímu a dolnímu kvartilu**. Vodorovná čára uvnitř krabice je **medián** souboru. Medián je určen odhadem, určuje se pomocí **intervalového odhadu mediánu** dle vztahu [27]:

$$I_{DH} = M \pm \frac{1,57 \cdot R_F}{\sqrt{n}}, \quad (20)$$

kde  $I_{HD}$  jsou intervalové odhady mediánu,  $M$  je odhad mediánu,  $R_F$  je mezikvartilové rozpětí,  $n$  je počet prvků.

Výška krabice představuje **mezikvartilové rozpětí**. Dolní (resp. horní) svislá úsečka – **dolní (resp. horní) hradba** - odpovídá hodnotám, které leží pod/nad krabicí ve vzdálenosti nejvýše rovné 1,5 – násobku výšky krabice, to znamená, že hradby odpovídají těm hodnotám, které nejsou mezi kvartily a jsou od nich vzdáleny nejvýše o 1,5 – násobek mezikvartilového rozpětí. Mimo hradby (pod nimi nebo nad nimi) se znázorňují body, odpovídající případným tzv. *odlehlym hodnotám* [27].



**Obr. 11.** Schéma vrubového krabicového grafu,  $B_{HD}$  – intervaly vnitřních hradeb,  $F_{DH}$  – horní a dolní kvartil,  $R_F$  – mezikvartilové rozpětí,  $I_{HD}$  – intervalové odhady mediánu,  $M$  - odhad mediánu.

## 2.10.2 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu, neboli zkráceně ANOVA z anglického **A**nalysis of **V**ariance, se v technické praxi používá buď jako samostatná technika, nebo jako určitý postup, pomocí něhož je možné vytvořit analýzu zdrojů variability u lineárních statistických modelů. Účelem je zjistit, které z kvalitativních nebo kvantitativních faktorů významně ovlivňují sledované veličiny. Podstatné není, jak ovlivňují, ale zda vůbec veličiny ovlivňují [27].

V praxi se ANOVA uplatňuje jako samostatná technika v několika případech, především při určení vlivu způsobu přípravy vzorků na výsledek analýzy, určení vlivu přístroje, lidského faktoru a obsluhy na výsledek měření, nebo pro zpracování různých laboratorních experimentů, nebo také pro zpracování plánovaných experimentů, u kterých se systematicky sleduje vliv rozličných faktorů na výsledek reakce či analýzy [27].

Hlavní podstatou analýzy rozptylu je rozklad celkového rozptylu dat na složky objasněné a složku neobjasněnou, o níž se předpokládá, že je náhodná a zjistit, co je hlavním zdrojem variability. Na základě této informace pak lze rozhodnout, které faktory mají největší vliv na sledovaný ukazatel kvality. Následně se testují hypotézy o významnosti jednotlivých zdrojů variability [27].

Vlastní postup analýzy rozptylu lze rozdělit do pěti kroků, jimiž jsou [27]:

1. **Odhad parametrů** základního modelu ANOVA
2. Testování jeho významnosti a **konstrukce** různých **modelů**
3. Vyjádření složek rozptylů a **testování** jejich **významnosti**
4. **Ověření** předpokladu **normality** a indikace silně vybočujících hodnot
5. **Interpretace výsledků** s ohledem na zadání dat a jejich případné úpravy

Pro měření rozdělené do jednotlivých skupin, se vyjádří skupinové průměry  $\bar{x}_i$  a skupinové rozptyly  $s_i^2$  a z nich následně průměr rozptylů (rovnice 21) a rozptyl z průměrů (rovnice 22). Pak pro rozklad rozptylu  $s^2$  počítaného ze všech měřených hodnot platí vztah (rovnice 23).

Podle počtu třídění výsledků se jedná o jednoduché, dvojné, trojné třídění atd. Podobně jako u celkového rozptylu  $s^2$  lze provést rozklad u součtu čtverců odchylek  $s$ . Pro objektivní vyhodnocení složek rozkladu se sestavuje testovací kritérium a porovnává se s kritickou hodnotou. Pro vyjádření analýzy rozptylu je možné použít různé statistické programy, dle vztahu [28]:

$$\bar{x}(s_i^2) = s_R^2, \quad (21)$$

kde  $s_R^2$  je průměr rozptylů.

$$s^2(\bar{x}_i) = s_T^2, \quad (22)$$

kde  $s_T^2$  je rozptyl z průměrů.

$$s^2 = s_T^2 + s_R^2, \quad (23)$$

kde  $s^2$  je celkový rozptyl.

### 2.10.3 Lineární regresní model

Lineární regrese představuje aproximaci daných hodnot polynomem prvního řádu (přímkou) metodou nejmenších čtverců. Obecněji, jedná se o proložení několika bodů v grafu takovou přímkou, aby součet druhých mocnin odchylek jednotlivých bodů od přímky byl minimální. Lineární regresní model nachází zásadní uplatnění při analýze dat. Lineární model je dán rovnicí, která je lineární funkcí parametrů a proměnných [29]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (24)$$

kde  $Y$  je náhodná veličina,  $Y_i$  je  $i$ -té pozorování náhodné veličiny,  $x_{ij}$  je  $i$ -tá hodnota vysvětlujících proměnných,  $\beta_j$  představuje parametry modelu (neznámé hodnoty),  $\beta_0$  je absolutní člen,  $\varepsilon_i$  představuje neznámé náhodné chyby,  $n$  je počet pozorování.

Klasický lineární model musí splnit několik předpokladů [27, 28]:

1. Střední hodnota náhodné složky je nulová. Tato podmínka znamená, že náhodná složka nepůsobí systematickým způsobem na hodnoty vysvětlované proměnné  $Y$ .
2. Rozptyl náhodné složky je konstantní. Tato podmínka vyjadřuje, že variabilita náhodné složky nezávisí na hodnotách vysvětlujících proměnných a tudíž i

proměnných a je rovna neznámé kladné konstantě  $\sigma^2$ .

3. Kovariance náhodné složky je nulová. Tedy hodnoty náhodné složky jsou nekorelované a z toho vyplývá i nekorelovanost různých dvojic pozorování vysvětlované proměnné  $Y$ .
4. Neznámé náhodné chyby mají normální rozdělení pro každé  $i=1, 2, \dots, n$ . Z této podmínky vyplývá normalita i pro vysvětlovanou proměnnou  $Y$ .

Cílem je vyjádření odhadu koeficientů  $\beta_k$ . Obecně, v případě závislosti  $Y$  na  $n$  proměnných  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , je výchozím předpokladem znalost bodů:

$$\begin{array}{ll} x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}, & Y_1 \\ x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}, & Y_2 \\ \dots & \dots \\ x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn}, & Y_n. \end{array} \quad (25)$$

kde první index je číslo bodu (první, druhý,...,k-tý bod).

Body získané tak, že ke zvolené  $n$ -tici  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  nalezneme experimentálně  $Y_i$ , jsou jediným rozhodujícím materiálem určujícím kvalitu odhadu parametrů. Hovoří se o odhadu, protože se pracuje s malým počtem výběrů. Odhad vektorů  $\vec{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_k)$  se označí jako vektor  $\vec{b} = (b_1, \dots, b_k)$ , pak se regresní funkce vyjádří jako:

$$\hat{Y} = b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_k x_k, \quad (26)$$

Řešením lineární regrese je vektor  $\vec{b}$ , který je dán vztahem [29]:

$$\vec{b} = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (27)$$

kde  $\vec{b}$  je vektor neznámých parametrů,  $X$  je matice hodnot známých proměnných,  $Y$  je známý vektor.



## 2.10.4 Testování hypotéz

Testování statistických hypotéz umožňuje posoudit, zda experimentálně získaná data vyhovují předpokladu, který byl před provedením testování stanoven. Ověřovaný předpoklad se značí jako nulová hypotéza  $H_0$ , která je testována vůči alternativě  $H_1$  popř.  $H_A$ .

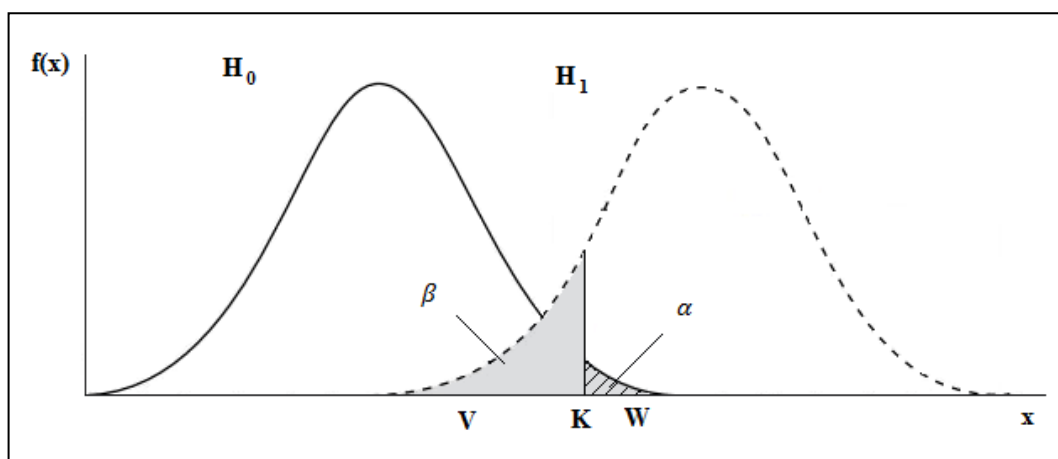
Obecný postup zahrnuje formulaci nulové hypotézy  $H_0$  a alternativní hypotézy  $H_A$ . Zvolí se hladina významnosti  $\alpha$ , která představuje pravděpodobnost (míru rizika) toho, že hypotéza  $H_0$  bude neoprávněně zamítnuta, ačkoliv platí.  $\alpha$  se obvykle stanovuje 0,05 nebo 0,01. Základem je sestavení testové statistiky  $T$ , které je porovnáváno s kritickou hodnotou  $K$ . Tato kritická hodnota rozděluje obor hodnot na obor kritický  $W$  a obor přijetí  $V$ . Na základě porovnání je rozhodnuto o hypotéze. V případě, že  $T$  padne do kritického oboru  $W$ , je testovaná hypotéza zamítnuta ve prospěch alternativy. V opačném případě, je-li  $T$  prvkem množiny  $V$ , provedený test neprokázal nepravdivost testované hypotézy  $H_0$ . Při rozhodování o hypotéze může nastat chyba (obr. 12), druhy chyb při rozhodování mohou být **chyba I. druhu  $\alpha$**  – zamítnutí platné hypotézy  $H_0$ , označované jako hladina významnosti testu, pro kterou platí [30]:

$$\alpha = P(T \in W | H_0), \quad (28)$$

nebo

**chyba II. druhu  $\beta$**  – testovací kritérium padne do oboru přijetí  $H_0$ , jestliže platí  $H_A$

$$\beta = P(T \in V | H_1). \quad (29)$$



**Obr. 12.** Grafické znázornění pravděpodobnosti chyby I. a II. druhu [30].

### **Test významnosti rozdílu mezi dvěma rozptyly (F-test)**

Test pro dva náhodné výběry z rozdělení  $N(\mu_1, \sigma_1^2)$  a  $N(\mu_2, \sigma_2^2)$  o rozsahu  $n_1$  a  $n_2$  a výběrové rozptyly  $S_1^2$  a  $S_2^2$ . Testuje se hypotéza [30]:

$$\mathbf{H}_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ proti alternativě } \mathbf{H}_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2.$$

Testovací kritérium (větší z rozptylů je v čitateli) [30]:

$$T = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (30)$$

Kritická hodnota  $F_{n_1-1, n_2-1}(p)$ , se určí z tabulek Fisherova rozdělení pro  $n_1-1$  a  $n_2-1$  stupňů volnosti a hladinu významnosti  $p$ . Je-li  $T >$  kritická hodnota,  $H_0$  se zamítá.

### **Testování předpokladu o střední hodnotě základního souboru (jednovýběrový t-test)**

Nechť  $(X_1, \dots, X_n)$  je výběr z rozdělení  $N(\mu, \sigma^2)$  a rozptyl  $\sigma^2$  není znám, pak se testuje hypotéza [30]:

$$\mathbf{H}_0: \mu = \mu_0 \text{ proti alternativě } \mathbf{H}_1: \mu \neq \mu_0.$$

Testovací kritérium  $T$  se vyjádří dle [30]:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S} \cdot \sqrt{n}, \quad (31)$$

kde  $\bar{X}$  je výběrový průměr,  $S$  je výběrová směrodatná odchylka,  $\mu_0$  je předpoklad o  $\mu$ ,  $n$  je rozsah výběru.

Kritická hodnota  $t_{n-1}(p)$  se určí z tabulek Studentova rozdělení pro  $n-1$  stupně volnosti a hladinu významnosti  $p$ . V případě, je-li  $|T| >$  kritická hodnota, zamítáme  $H_0$ .

### Test významnosti rozdílu mezi dvěma výběrovými průměry (dvouvýběrový t-test)

Test pro dva náhodné výběry o rozsahu  $n_1$  a  $n_2$  z rozdělení  $N(\mu_1, \sigma_1^2)$  a  $N(\mu_2, \sigma_2^2)$  a výběrové průměry  $\bar{X}_1$  a  $\bar{X}_2$ . Jejich rozptyly  $\sigma_1^2$  a  $\sigma_2^2$  neznáme, testuje se hypotéza [30]:

$$\mathbf{H}_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ proti alternativě } \mathbf{H}_1: \mu_1 \neq \mu_2.$$

Testovací kritérium  $T$  pro  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  se vyjádří dle [30]:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} * \sqrt{\frac{n_1 * n_2 * (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (32)$$

kde  $\bar{X}_1, \bar{X}_2$  jsou výběrové průměry,  $S_1^2, S_2^2$  výběrové rozptyly,  $n_1, n_2$  jsou rozsahy 1. a 2. výběru.

Kritická hodnota  $t_{n_1+n_2-2}(p)$ , se určí z tabulek Studentova rozdělení pro  $n_1+n_2-2$  stupňů volnosti a hladinu významnosti  $p$ . Je-li  $|T| >$  kritická hodnota,  $H_0$  se zamítá.

Testovací kritérium  $T$  pro  $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  se vyjádří dle [30]:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{V_1 + V_2}}, \quad (33)$$

kde

$$V_i = \frac{S_i^2}{n_i - 1}, \quad (34)$$

kde  $V_i$  odpovídá podílu rozptylů  $S^2$  a  $n_i-1$  stupňů volnosti, pro  $i=1,2$ .

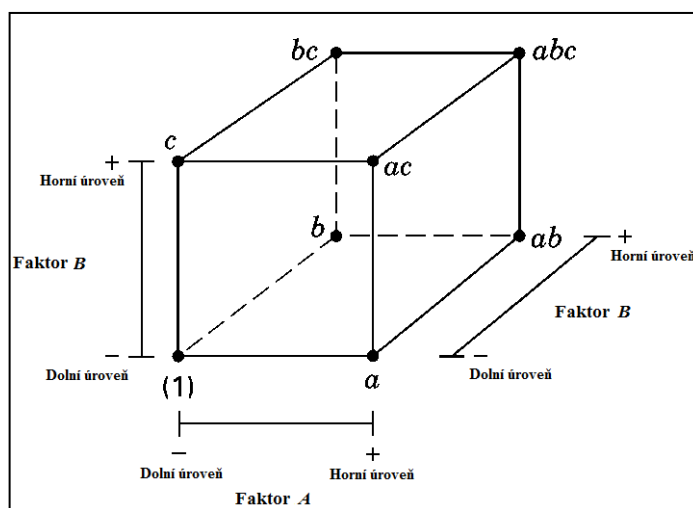
Kritická hodnota  $K$   $t_{n_1-1}(p), t_{n_2-1}(p)$  se určí z tabulek Studentova rozdělení pro  $n_1-1$  a  $n_2-2$  stupňů volnosti a hladinu významnosti  $p$ . Je-li  $|T| > K$ ,  $H_0$  se zamítá. Kritická hodnota  $K$  je definována vztahem [30]:

$$K = \frac{V_1 * t_{n_1-1}(p) + V_2 * t_{n_2-1}(p)}{V_1 + V_2}, \quad (35)$$

### 2.10.5 $2^k$ faktoriální návrh

Často jsou v praxi prováděny experimenty, kde je třeba stanovit společný vliv faktorů na sledovaný parametr. K těmto účelům je vhodné využít metodu **faktoriální návrh**. Obecně se tímto pojmem rozumí metoda, při které jsou v experimentu zkoumány všechny možné kombinace úrovní faktorů. Jednotlivé faktory se uspořádají dle faktoriálního návrhu. Účinek faktoru je definován jako změna na odezvu vyvolané změnou úrovně faktoru.

Pro práci je podstatná metoda vhodná pro sledování pozorovaného znaku (pevnosti) v závislosti na třech faktorech, nazývaní se  **$2^3$  faktoriální návrh**. Předpokládejme tedy, že  $A$ ,  $B$  a  $C$  jsou faktory, u kterých sledujeme jejich dvě úrovně, a to úroveň horní a úroveň dolní, které se obvykle značí “+” a “-”. Pro tyto faktory se vyjádří počet všech možných variant řešení, ty v tomto případě odpovídají  $2^3 = 8$ . Tyto varianty lze zobrazit buď geometricky ve tvaru krychle (obr. 13), anebo také výčtem všech možných variant do tzv. *návrhové matice*. Standardně se varianty kombinací zapisují jako  $(1)$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $ab$ ,  $c$ ,  $ac$ ,  $bc$  a  $abc$ . Součet těchto znaků představuje součet všech  $n$  možných pozorování pro uvedenou kombinaci faktorů. Pro zápis do tvaru  $2^k$  faktoriálního návrhu mohou být použity tři různé typy značení (tab. 4). Prvním z nich je značení pomocí symbolů + a -, které je nazýváno geometrické značení. Druhé je označení malými písmeny určující jednotlivé kombinace faktorů. Třetí používanou možností je zápis pomocí čísel 1 a -1, které označují horní a dolní úroveň faktorů [35].



Obr. 13. Geometrické znázornění variant řešení ve tvaru krychle [35].

**Tab. 4.** Varianty značení pro zápis do tvaru  $2^k$  faktoriální návrh [35].

Varianty úrovní	A	B	C	Značení	A	B	C
1.	-	-	-	(1)	-1	-1	-1
2.	+	-	-	a	1	-1	-1
3.	-	+	-	b	-1	1	-1
4.	+	+	-	ab	1	1	-1
5.	-	-	+	c	-1	-1	1
6.	+	-	+	ac	1	-1	1
7.	-	+	+	bc	-1	1	1
8.	+	+	+	abc	1	1	1

Pro  $2^3$  faktoriální návrh platí sedm stupňů volnosti, z nichž tři stupně volnosti se vztahují k hlavním vlivům faktorů A, B a C. Další čtyři stupně volnosti se vztahují k jejich vzájemným interakcím, tím jsou AB, BC, AC a ABC. Pro jednotlivé efekty jsou prováděny odhady, jejich geometrické znázornění je uvedeno na obrázku 14.

Pro odhad efektu faktoru A platí, pokud [35]:

- B a C jsou na dolní úrovni

$$\frac{[a - (1)]}{n},$$

- B je na horní úrovni a C je na dolní úrovni

$$\frac{[ab - b]}{n},$$

- C je na horní úrovni a B je na dolní úrovni

$$\frac{[ac - c]}{n},$$

- Pokud B a C jsou na horní úrovni, pak

$$\frac{[abc - bc]}{n},$$

Průměrný efekt faktoru A je právě průměrem výše uvedených vztahů, lze jej vyjádřit jako [35]:

$$A = \frac{1}{4n} [a - (1) + ab - b + ac - c + abc - bc]. \quad (36)$$

Tato rovnice může být vyjádřena jako rozdíl mezi čtyřmi kombinacemi na pravé straně krychle, které odpovídají horní úrovni a čtyřmi kombinacemi na straně levé, které odpovídají dolní úrovni. To znamená, že efekt  $A$  je roven rozdílu mezi průměrem čtyř kombinací v horní úrovni a průměrem čtyř kombinací v dolní úrovni [35]:

$$A = (\bar{y}_{A+}) - (\bar{y}_{A-}),$$

kde  $\bar{y}_{A+}$  je průměr čtyř kombinací v horní úrovni,  $\bar{y}_{A-}$  je průměr čtyř kombinací v dolní úrovni.

Rovnice pak odpovídá tvaru [35]:

$$A = \frac{a + ab + ac + abc}{4n} - \frac{(1) + b + c + bc}{4n}.$$

Uvedenou rovnici je možné upravit do tvaru, který je totožný s rovnicí (28)

$$A = \frac{1}{4n} [a + ab + ac + abc - (1) - b - c - bc].$$

Stejným principem jsou stanoveny efekty faktorů  $B$  a  $C$ , pro něž platí [35]:

$$B = \frac{1}{4n} [b + ab + bc + abc - (1) - a - c - ac]. \quad (37)$$

$$C = \frac{1}{4n} [c + ac + bc + abc - (1) - a - b - ab]. \quad (38)$$

Pro zjišťování míry interakce dvou faktorů např.  $AB$  platí, že se jedná o rozdíl mezi průměrným efektem faktoru  $A$  pro horní a dolní úroveň faktoru  $B$ .

Interakce  $AB$  je rovna polovině rozdílu zjištěného z následujícího vztahu [35]:

<b><math>B</math></b>	<b><math>Průměrný\ efekt\ faktoru\ A</math></b>
Horní úroveň (+)	$\frac{[(abc - bc) + (ab - b)]}{2n}$
Dolní úroveň (-)	$\frac{\{(ac - c) + [a - (1)]\}}{2n}$
<b><math>Rozdíl</math></b>	$\frac{[abc - bc + ab - b - ac + c - a + (1)]}{2n}$

Z toho vyplývá vztah pro stanovení míry interakce faktorů  $AB$  [35]:

$$AB = \frac{abc + ab + c + (1)}{4n} - \frac{bc + b + ac + a}{4n}. \quad (39)$$

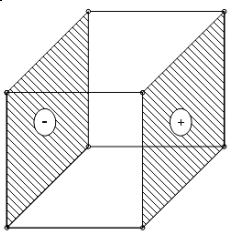
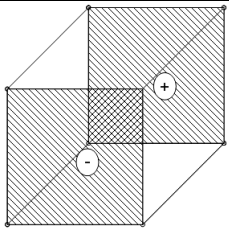
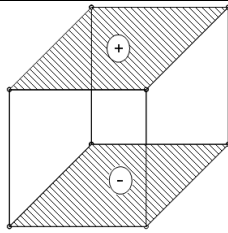
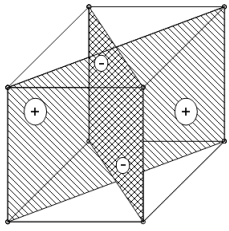
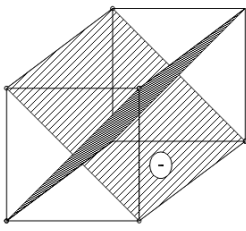
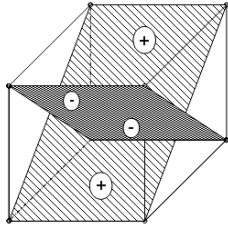
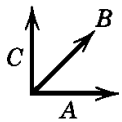
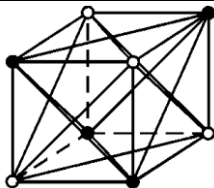
Na obrázku 14 při interakci faktorů  $AB$  je vidět rozdíl jejich průměrů mezi dvěma rovinami úhlopříček krychle. Použitím stejného principu získáme interakce faktorů  $AC$  a  $BC$  (rovnice 32, 33).

$$AC = \frac{1}{4n} [(1) - a + b - ab - c + ac - bc + abc]. \quad (40)$$

$$BC = \frac{1}{4n} [(1) + a - b - ab - c - ac + bc + abc]. \quad (41)$$

Interakce  $ABC$  je definována jako průměrný rozdíl interakce faktorů  $AB$  pro dvě různé úrovně faktoru  $C$  [35]:

$$ABC = \frac{1}{4n} [abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1)]. \quad (42)$$

$A$	$B$	$C$
		
$AB$	$AC$	$BC$
		
$ABC$		
		<p>● = + Horní úroveň</p> <p>○ = - Dolní úroveň</p>

**Obr. 14.** Geometrické znázornění hlavních vlivů faktorů a jejich interakcí [35].

Ve výše uvedených rovnicích jsou v hranatých závorkách uvedeny tzv. *kontrasty*. Z těchto kontrastů lze vytvořit tabulku se znaky + a –, a to násobením po sobě následujících sloupců řádek po řádku, jak je znázorněno v tabulce 5. Kromě sloupce *I* mají ostatní sloupce stejný počet hodnot (znaků), součet dvou sloupců je roven nule. Součty čtverců efektů jsou snadno počítány, protože každý efekt má odpovídající stupeň volnosti.

Pro  $2^3$  faktoriální návrh s  $n$  možnými pozorování je součet čtverců pro jednotlivé efekty vyjádřen vztahem [35]:

$$SS = \frac{(\text{kontrast})^2}{8n}, \quad (43)$$

kde  $SS$  je součet čtverců,  $n$  je počet možných pozorování.

**Tab. 5.** Znázornění vytvoření tabulky se znaky pro všechny úrovně řešení.

Varianty úrovní	<i>I</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>AB</i>	<i>C</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>
<i>(I)</i>	+	-	-	+	-	+	+	-
<i>a</i>	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>b</i>	+	-	+	-	-	+	-	+
<i>ab</i>	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>c</i>	+	-	-	+	+	-	-	+
<i>ac</i>	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>bc</i>	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>abc</i>	+	+	+	+	+	+	+	+



### 3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### 3.1 Specifikace testovaného materiálu

##### 3.1.1 Šicí nitě

Pro experiment bylo firmou Gala a.s. vybráno pět typů šicích nití. Jedná se o universální šicí nitě, které jsou ve firmě již používány, přehled je uveden v tabulce 6. Účelem této kapitoly je zjistit základní parametry šicích nití a závěrem jednotlivé nitě vyhodnotit jak z hlediska kvality, tak ceny.

*Tab. 6. Přehled testovaných šicích nití.*

č.	Obchodní název	Mat. složení	Dodavatel	Cena v Kč/100m
1.	Synton 20 <sup>1</sup>	PES	Amann	6,80
2.	Synton 30	PES	Amann	4,00
3.	Synton 40	PES	Amann	3,60
4.	Serafil 30	PES	Amann	9,25
5.	Grál 30	PES	Coats	3,05

##### 3.1.2 Popruhy pro technické použití

Parametry popruhů pro nosiče travní techniky jsou uvedeny v tabulce 7. Pro experiment byly vybrány dva typy popruhů, u nichž je odlišný dodavatel, tudíž i cena popruhů, ostatní parametry jsou shodné.

*Tab. 7. Parametry zkoušených popruhů.*

č.	Mat. složení	Šíře [mm]	Tloušťka [mm]	Dodavatel	Cena [Kč/m]
1.	PP	25	1,2	Pfeifer	2,9
2.	PP	25	1,2	China Plastic	1,7

<sup>1</sup> Etiketní číslo – anglické značení, jedná se o číslo smluvní mezi výrobcí šicích nití. Pro syntetické nitě platí vztah  $N_0 = \frac{1000 \cdot 3}{tex}$ ; pro bavlněné nitě platí vztah  $N_{eB} = \frac{590 \cdot 3}{tex}$ .

### 3.1.3 Technické tkaniny

Do experimentu pro testování byla zahrnuta standardně používaná polyamidová tkanina s rubovým zátěrem z polyuretanu. Základní parametry tkaniny jsou uvedeny v tabulce 8.

*Tab. 8. Základní parametry zkoušené tkaniny.*

č.	Mat. složení	Tloušťka[mm]	Dodavatel	Cena [Kč/m <sup>2</sup> ]
1.	PAD	0,36	Wujiang	40

### 3.1.4 Šité zkušební vzorky

Výše uvedené materiály byly použity pro zhotovení šitých zkušebních vzorků pro zjištění závislosti pevnosti šitého spoje na různých parametrech vyhotovení. Vzorky jsou rozděleny do dvou základních skupin. Vzorky pro experimentální část byly vyhotoveny u obou skupin v různých variantách.

#### Parametry zkušebních vzorků skupiny A

Skupina testovaných vzorků byla zhotovena na šicím stroji značky *Juki DLN 415*, šijícím dvounitným vázaným *rovným* stehem. Švy jsou sešité hřbetovým švem.

Jako proměnné u vzorků skupiny A byly stanoveny (tab. 9) - počet stehů na jeden centimetr, šíře švové záložky, jemnost a druh nitě. Vzorky byly vyhotovené jednotně z PA tkaniny s použitím různých typů nití. U skupiny A bylo vyhotoveno deset zkušebních vzorků.

Zkušební vzorky musí dle *vnitropodnikových pravidel Gala a.s.* (viz kapitola 3.2.3) odolat **mírné zátěži**, která je stanovena na 350 N/50 mm.

**Tab. 9.** *Varianty šitých spojů skupiny A.*

č. vzorku	Počet stehů na 1 cm	Šíře ŠZ [cm]	Jemnost nitě [tex]	Typ nitě
1.	2	0,5	90	Synton
2.	3	0,5	90	Synton
3.	4	0,5	90	Synton
4.	3	0,3	90	Synton
5.	3	0,7	90	Synton
6.	3	0,5	73	Synton
7.	3	0,5	153	Synton
8.	3	0,5	90	Serafil
9.	3	0,5	90	Coats

Základní parametry švu (opakující se ve všech skupinách)

Různé varianty parametrů švů

Vzorek č. 2 prezentuje standardně používané parametry při výrobě nosiče na travní techniku. Běžně se u tohoto typu švu používají 3 stehy na 1 cm, šíře švové záložky je stanovena na 0,5 cm a standardně se používá šicí nit Synton 30. Od tohoto standardu se odvíjí různé proměnné v každé skupině, znamená to, že všechny proměnné skupiny obsahují vzorek č. 2.

### **Parametry zkušebních vzorků skupiny B**

Tato skupina vzorků byla vyhotovena na šicím automatu značky *Adler 570* a *Brother KE 430*, šijící dvounitným vázaným *klikatým* stehem. Švy u této skupiny jsou přeplátované.

Proměnné u vzorků skupiny B byly stanoveny - typ popruhu, způsob ložení popruhu při šití a různé parametry stehu.

Parametr - šíře švové záložky se u klikatého stehu zanedbal, sám šev má určitou šíři a proto šíře švové záložky pevnost neovlivní jako u rovného šití. U šicích automatů se parametry švu mění na základě předem navoleného šicího programu. Tudíž u jednotlivých programů se počet, délka a šíře stehů mění závisle na sobě.

U zkušebních vzorků skupiny B šitý spoj tvoří polstrovaný popruh, kde pro vnitřní výplň je použita polyuretanová pěna a pro vnější materiál je použita PA tkanina, na který je našit tkaný popruh. Parametry použitých popruhů jsou uvedeny v tabulce 10. Pro skupinu B bylo vyhotoveno pět zkušebních vzorků.

Zkušební vzorky skupiny B musí dle *vnitropodnikových pravidel Gala a.s.* (viz kapitola 3.2.3) odolat **velké zátěži**, která je stanovena na 750 N/50 mm.

**Tab. 10.** Varianty šitých spojů skupiny B.

č. vzorku	Typ popruhu	Ložení popruhu	Parametry klikatého švu [mm]	
			Počet stehů	Šíře stehu
1.	Pfeifer	1x	38	1
2.	China Plastic	1x	38	1
3.	Pfeifer	2x	38	1
4.	Pfeifer	1x	54	6
5.	Pfeifer	1x	58	4
6.	Pfeifer	1x	70	5

Základní parametry švu (opakující se ve všech skupinách)

Různé varianty parametrů švů

U šitých vzorků skupiny B standardně používané parametry prezentuje vzorek č. 1. Jedná se o tkaný popruh značky Pfeifer, který je našitý přeplátovaným švem na polstrovaný popruh se zahnutým okrajem, parametry klikatého švu jsou následující:

- Počet stehů – 38
- Délka stehu – 25
- Šíře stehu – 1

Od tohoto standardu se odvíjí různé proměnné v každé skupině, znamená to, že všechny uvedené proměnné zahrnují vzorek č. 1.

Veškerá naměřená data šicích nití, popruhů, tkanin a šitých vzorků jsou uvedena v **příloze A**.

## 3.2 Průběh zkoušek a popis zařízení potřebných pro experimentální část

### 3.2.1 Měření zákrutů příze

Uvedená zkouška je stanovena v normě ČSN 80 0701: Zist'ovanie zákrutov nití. Principem zkoušky je opačná metoda zakrucování tzv. rozkrucování, kdy jedna otáčka zakrucovacího orgánu znamená jeden zákrut. Před vlastním měřením se orientačně rozkrouť nit a zjistí se počet nití jednoduchých a směr zákrutů. Normovaným postupem se vypočítá předpětí pro skanou i jednoduchou přízi.

Zjišťování *skacích zákrutů* se provádí pomocí **přímé metody**. Nejříve se nastaví předpětí pro skanou přízi a provede se kontrola. Musí být zajištěno, aby byl omezovač mimo pracovní pozici, vynulované počítadlo zákrutů a nastavení správného směru zákrutů. Při rozkroucení se docílí paralelně uložených jednoduchých přízí. Upínací délka vzorku nitě je 0,25 m.

Zjišťování *přádních zákrutů* se provádí **nepřímou metodou** s napínačem a omezovačem. Nejprve se omezí omezovačem maximální změna délky na polovinu naměřeného prodloužení a zajistí se napětí příze. Důležité je vyměnit předpětí pro jednoduchou přízi. Ponechá se jedna jednoduchá příze, zbytek se odstříhnutím odstraní. Změní se směr rozkrucování a vynuluje se počítadlo. Následuje rozkrucování příze dokud se prodloužení příze opět nevynuluje, resp. dojde k jejímu rozkroucení a následnému zakroucení. Získaná hodnota je počet zákrutů na dvounásobnou upínací délku než u metody přímé tedy na 0,5 m.

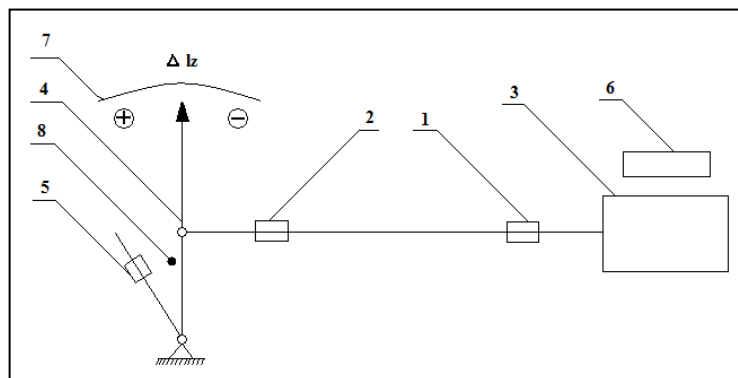
Výsledkem zkoušky bude průměrný počet přádních a skacích zákrutů převedených na jeden metr délky nití, směrodatná odchylka u obou typů zákrutů a změna délky u skané příze.

Klimatické podmínky v laboratoři při měření odpovídaly hodnotám:

- Teplota  $t = 23^{\circ}\text{C}$
- Vlhkost vzduchu  $\varphi = 65\%$
- Tlak  $p = 96,53 \text{ kPa}$

## **Zákrutoměr**

Ke zjištění počtu zákrutů příze slouží přístroj zákrutoměr. Tento přístroj upne přízi (nit) v čelistech na nastavené upínací délce a následně ji rozkrucuje. Otáčky potřebné k rozkroucení úseku příze (nitě) jsou registrovány na displeji. Schéma zákrutoměru je uvedeno na obrázku 15 [31].



***Obr. 15.** Schéma zákrutoměru, 1 – otočná čelist, 2 – výkyvná čelist, 3 – motorek s regulací otáček, 4 – výkyvné rameno spojené s čelistí 2, 5 - předpětí, 6 – displej, 7 – stupnice změn délky zkoušené nitě, 8 – zarážka výkyvného ramene – omezovač.*

### **3.2.2 Měření tloušťky popruhů a tkanin**

Stanovení tloušťky materiálu je důležité především pro následné zkoušení na trhačím stroji pro upnutí do čelistí a následném vyhodnocení trhačí zkoušky.

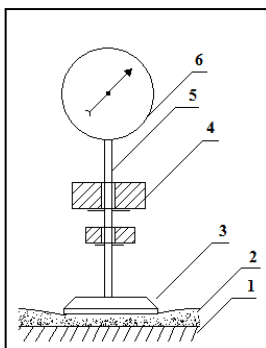
Hodnoty tloušťky materiálů se stanoví aritmetickým průměrem z pěti měření. Výsledné hodnoty jsou uváděné v milimetrech. Měřená plocha textilie odpovídá 1000 mm<sup>2</sup>, důležité je zajistit při měření hladký a rovný povrch. Při zkoušce byl nastaven čas zkoušky na 30 sec a tlak přitlačné čelisti na 1 kPa.

*Klimatické podmínky v laboratoři při měření odpovídaly hodnotám:*

- Teplota  $t = 22,5^{\circ}\text{C}$
- Vlhkost vzduchu  $\varphi = 63\%$
- Tlak  $p = 95,33 \text{ kPa}$

## Tloušťkoměr

Digitální tloušťkoměr značky *M034A* umožňuje měření tloušťky textilie v rozmezí od 0,01 do 50 mm. Aplikovaná síla je stanovena od 0,001 do 20 N. Schéma tloušťkoměru je uvedeno na obrázku 16 [32].



*Obr. 16. Schéma tloušťkoměru, 1 – spodní čelist, 2 – textilní materiál, 3 – horní přitlačná čelist, 5 – přitlačná tyč, 6 – měřidlo.*

### 3.2.3 Měření pevnosti v tahu

Vlastní měření obsahuje výběr typu zkoušky, vytvoření definice, definování základních (vstupních a výstupních) parametrů, průběh vlastního měření a ukládání naměřených dat. Po uložení naměřených dat následuje zpracování a vyhodnocení dat (výsledky a diskuse měření). Zkoušky musí být pro vzájemné vyhodnocování prováděny za stejných podmínek.

Výsledkem zkoušky dle normy jsou ukazatele [23]:

- **ultimativní síla  $F_{max}$  [N]** – průměrná síla potřebná k přetržení vzorku
- **ultimativní deformace  $A_{max}$  [mm, %]** – průměrné protažení, které odpovídá síle v okamžiku přetrhu
- **ultimativní poměrná pevnost  $f$  (relativní síly) [N/tex]** - síla potřebná k přetržení vzorku přepočtená na plochu průřezu nitě, ultimativní síla se přepočítává na délkovou hmotnost
- **ultimativní práce  $W$  [J]** - práce do přetrhu, tedy energie, kterou je třeba vynaložit, aby síla v závislosti na deformaci způsobila destrukci vzorku
- **graf závislosti síly  $F$  [N] na deformaci  $\Delta l$  [mm]** – odpovídá funkci:  $F = f(\Delta l)$

## **Šicí nitě**

Byly testované dle parametrů uvedených v normě ČSN EN ISO 2062 – *Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu*. Tato norma stanovuje metody pro zjišťování pevnosti a tažnosti při přetrhu u textilních nití odebraných z návinů [23].

Zkušební vzorky šicích nití byly odebrány přímo z návinů. Pro šicí nitě byla upínací délka  $\pm 500$  mm, rychlost do přetrhu 500 mm/min, předpětí (síla působící na zkušební vzorek na začátku zkoušky) 0,1 cN/tex. Od každého vzorku nitě bylo testováno 25 zkušebních vzorků.

Zjištěná tahová síla v newtonech se zpravidla přepočítává na poměrnou pevnost. Z toho důvodu, aby se různé šicí nitě spolu daly snadno a objektivně porovnávat. Uvádějí se výsledky pevnosti v poměru k jemnosti vlákna, tzv. *relativní pevnost*. Dále se stanovuje pevnost ve *smyčce* a pevnost v *uzlu*. Z časových důvodů a nedostatku zkoušeného materiálu bude provedena pouze zkouška pevnosti v tahu.

## **Popruhy a textilie**

Na tuto skupinu se vztahuje norma ČSN EN ISO 13934-1 – *Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip* [34].

Základní parametry byly u popruhů definovány – upínací délka  $\pm 200$  mm, rychlost do přetrhu 50 mm/min, předpětí stanovené podle plošné hmotnosti 1 cN. Při měření popruhů bylo testováno 25 vzorků od každého druhu.

Pro zkoušené tkaniny základní parametry byly definovány - upínací délka pozměněna na  $\pm 100$  mm, rychlost do přetrhu 50 mm/min, přepětí stanovené dle plošné hmotnosti na 0,2 cN. Vzorky byly připravené o rozměrech 200 x 50 mm a to ve směru osnovy a útku. Jelikož je předpoklad různých pevností v daných směrech. Od každé skupiny bylo testováno 5 zkušebních vzorků tkanin.



### Šité zkušební vzorky

Pro zjišťování maximální síly švu byla zvolena metoda Grab [33], předmětem normy je stanovení postupu zkoušky pro zjišťování maximální tažné síly švu, kdy síla působí kolmo ke švu. Zaznamenává se maximální síla nutná k přetrhu švu. Vzorky se odebírají na základě dohody zainteresovaných stran. Norma stanovuje minimální počet zkušebních vzorků na pět kusů. Je třeba zajistit, aby vzorky reprezentovaly odpovídající švy ve výrobku. Čelisti zkušebního stroje musí udržet zkušební vzorek bez prokluzování a nesmí jej poškozovat přeřezáváním ani jiným způsobem [33].

Upínací délka byla stanovena na  $\pm 100$  mm, rychlost prodloužení dle normy byla nastavena na 50 mm/min, předpětí bylo nastaveno 1 cN. Připravené vzorky byly testované pro statisticky přesnější vyhodnocení 10 x od každé skupiny, což odpovídá dvojnásobku minimálního počtu uváděného normou.

*Vnitropodniková konstrukční pravidla Gala a.s.* stanovují pro různé švy minimální pevnosti švu, kterým musí šev při použití v praxi odolat.

#### Dělí se dle namáhání na:

- **mírnou zátěž** – minimální pevnost 350 N/50 mm
- **střední zátěž** – minimální pevnost na 500 N/50 mm
- **velkou zátěž** – minimální pevnost 750 N/50 mm

Při stanovování těchto výše uvedených pravidel se vycházelo z ČSN EN 136 - *Ochranné prostředky dýchacích orgánů*.

#### Klimatické podmínky v laboratoři při měření odpovídaly hodnotám

- Teplota  $t = 22^{\circ}\text{C}$
- Vlhkost vzduchu  $\varphi = 61\%$
- Tlak  $p = 94,13$  kPa

### **Trhací stroj**

Dynamometr TIRA TEST 2300 je universální trhací stroj (obr. 17). Jedná se o klasický přístroj pro zkoumání mechanických vlastností přízí, tkanin, šitých spojů. Umožňuje zkoušky jednoosého namáhání v tahu a tlaku. Přístroj je obsluhován pomocí počítačového programu LabTest [34].



*Obr. 17. Fotografie trhacího stroje TIRA TEST 2300.*

#### **3.2.4 Měření oděru tkanin**

Ze zkoušené plošné textilie byly připraveny vzorky kruhového tvaru o rozměru 95 mm. Před samotnou zkouškou se vzorky zváží. Do spodní hlavy se umístí zkoušený vzorek lící stranou navrch, do vrchní hlavy se upevní smirkové plátno, v tomto případě byl použit smirkový papír 400. Počítadlo se nastaví na 10, což odpovídá 100 otáčkám, následně se na horní odírací hlavu vloží zatížení 5 N, které na výše zmíněnou plochu představuje 611,9 Pa.

Pomocí páky se sníží horní hlava a tlačítkem na přístroji se uvedou do chodu motory obou hlav. Po nastavených otáčkách se přístroj zastaví. S dalším odíráním se pokračuje do okamžiku, kdy je porušen první vazný bod zkoušené textilie. Následně se vzorky zváží a dle vztahu 10, se vyjádří relativní úbytek hmotnosti. Při experimentu

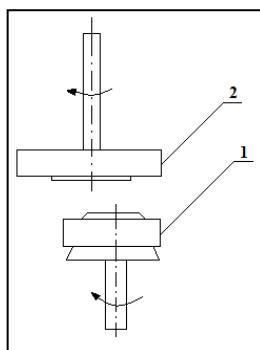
byly zkoušeny čtyři vzorky od každé tkaniny, jeden vzorek jako zkušební pro nastavení otáček hlav stroje.

Klimatické podmínky v laboratoři při měření odpovídaly hodnotám

- Teplota  $t = 22^{\circ}\text{C}$
- Vlhkost vzduchu  $\varphi = 47\%$
- Tlak  $p = 95,43 \text{ kPa}$

**Rubtester**

Na tento přístroj pro měření oděru se nevztahuje norma. Přístroj má dvě úložné hlavy, schéma přístroje je uvedeno na obrázku 18. Nastává odírání textilie do okamžiku, kdy se textilie začne prodírat.



**Obr. 18.** Schéma přístroje Rubtester, 1 – dolní upínací hlava, 2 – horní upínací hlava.

## 4. VÝSLEDKY A DISKUSE MĚŘENÍ

### 4.1 Šicí nitě

#### 4.1.1 Zjištěné konstrukční parametry šicích nití

##### Jemnost

Výpočet jemnosti byl stanoven dle vztahu (4). Výsledné jemnosti šicích nití (tab. 11) odpovídají značení tzv. *etiketním číslem*. Čím nižší jemnost v [tex], tím je vyšší etiketní číslo. Pro zjištění jemnosti šicích nití bylo naměřeno pět vzorků pro každou nit, z nichž byl stanoven průměr měření a další statistické výpočty. Výpočty jsou vztaženy na skanou šicí nit, v posledním sloupci je uvedena jemnost jednoduchých (přádních) nití.

*Tab. 11. Jemnost šicích nití.*

Obchodní název	$\bar{T}_s$ [tex]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS	$\bar{T}_p$ [tex]
<i>Synton 20</i>	153	2,12	1,39	(150,4; 155,6)	51,0
<i>Synton 30</i>	90	2,00	2,22	(87,5; 92,5)	30,0
<i>Synton 40</i>	73	2,55	3,49	(69,8; 76,2)	24,3
<i>Serafil 30</i>	92	2,23	2,42	(89,2; 94,8)	30,7
<i>Grál 30</i>	93	2,91	3,13	(89,4; 96,6)	31,0

##### Zákrut

Statisticky zpracované výsledky pro skací zákruty jsou uvedeny v tabulce 12. U všech šicích nití bylo zjištěno, že se jedná o trojmo skané šicí nitě se skacím zákrutem Z. Pro jednotlivé nitě bylo testováno deset zkušebních vzorků. Nejvyšší počet zákrutů má nit *Synton 40*. Naopak nejnižší počet zákrutů má nit *Synton 20*.

*Tab. 12. Výsledky naměřených skacích zákrutů.*

Obchodní název	$\bar{X}_s$ [z/1m]	$s$ [z/1m]	$\nu$ [%]	95% IS
<i>Synton 20</i>	329,6	10,7	3,25	(322; 337)
<i>Synton 30</i>	362,4	8,0	2,22	(357; 368)
<i>Synton 40</i>	437,2	8,9	2,02	(431; 444)
<i>Serafil 30</i>	384,8	12,5	3,24	(376; 394)
<i>Grál 30</i>	381,6	5,7	1,50	(378; 386)

Měřeny byly také přírodní zákruty u testovaných šicích nití. Pro statistické zpracování (tab. 13) bylo naměřeno deset zkušebních vzorků. Jednoduchý (přírodní) zákrut šicích nití je u všech typů opatřen zákrutem  $S$ . Nejvyšší počet přírodních zákrutů je u nitě *Synton 40* a nejnižší u nitě *Synton 20*.

**Tab. 13.** Výsledky naměřených přírodních zákrutů.

Obchodní název	$\bar{X}_p$ [z/1m]	$s$ [z/1m]	$v$ [%]	95% IS
<i>Synton 20</i>	473,0	7,6	1,60	(468; 478)
<i>Synton 30</i>	544,6	14,8	2,72	(534; 555)
<i>Synton 40</i>	585,0	4,6	0,80	(582; 588)
<i>Serafil 30</i>	544,2	4,3	0,80	(541; 547)
<i>Grál 30</i>	525,4	9,6	1,83	(519; 532)

V tabulce 14 je uvedeno seskání pro jednotlivé testované šicí nitě. Z výsledků vyplývá, že největší seskání dle rovnice (5) má s 0,88% nit *Synton 40* a naopak nejmenší seskání má nit *Grál 30*, u které seskání představuje 0,46%.

**Tab. 14.** Výpočet seskání u jednotlivých nití.

Obchodní název	$\Delta l$ [mm]	$\varepsilon_s$ [%]
<i>Synton 20</i>	1,50	0,60
<i>Synton 30</i>	1,20	0,48
<i>Synton 40</i>	2,20	0,88
<i>Serafil 30</i>	1,45	0,58
<i>Grál 30</i>	1,15	0,46

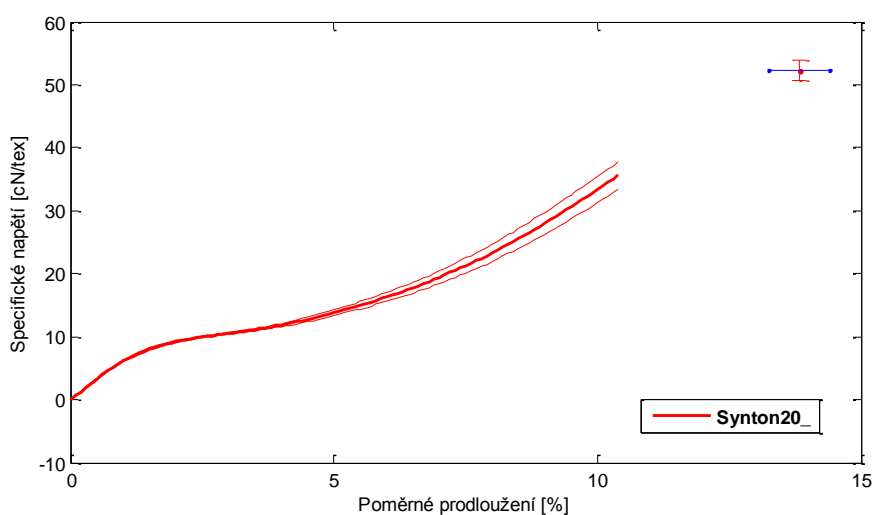
#### 4.1.2 Naměřené mechanické vlastnosti šicích nití

Výsledné průměrné hodnoty získané zkouškou pevnosti v tahu jsou uvedené v tabulce 15. Pro jednotlivé průměrné  $\bar{F}_{max}$  (maximální dosažená síla při trhací zkoušce) šicích nití byly stanoveny jejich intervalové odhady s hladinou spolehlivosti  $\alpha = 0,05$ . Krajní hodnoty intervalu spolehlivosti byly definovány dle vztahu (17). Dále pomocí vztahu (7) byla vyjádřena relativní pevnost šicích nití.

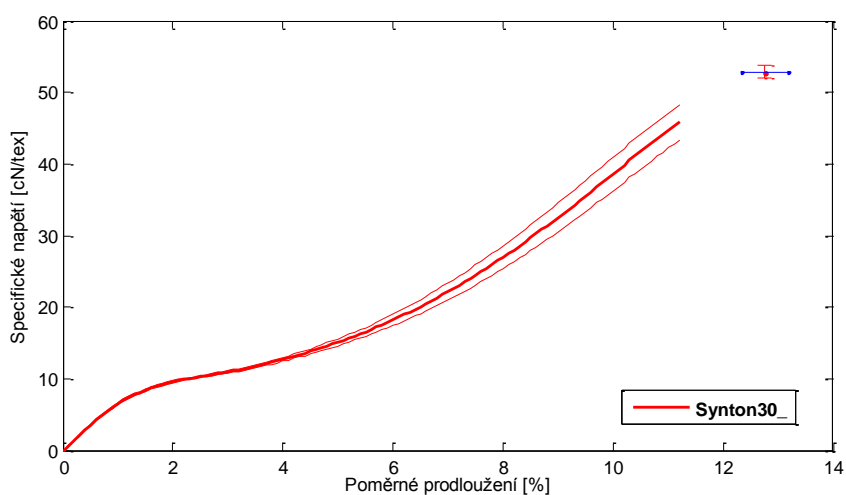
**Tab. 15.** Výsledné statistické hodnoty zkoušky pevnosti v tahu šicích nití.

č.	$\bar{F}_{max}$ [N]	$\bar{A}_{max}$ [mm]	$\bar{W}$ [J]	$\bar{E}$ [MPa]	$f$ [N.tex <sup>-1</sup> ]	95% IS
1.	80,0	68,9	2,55	399,9	0,52	(77,6; 82,4)
2.	47,6	63,5	1,36	198,2	0,53	(46,9; 48,3)
3.	40,2	70,9	1,24	138,0	0,55	(39,8; 40,6)
4.	45,8	67,7	1,45	225,8	0,50	(44,6; 47,0)
5.	54,1	69,1	1,68	243,5	0,58	(53,0; 55,1)

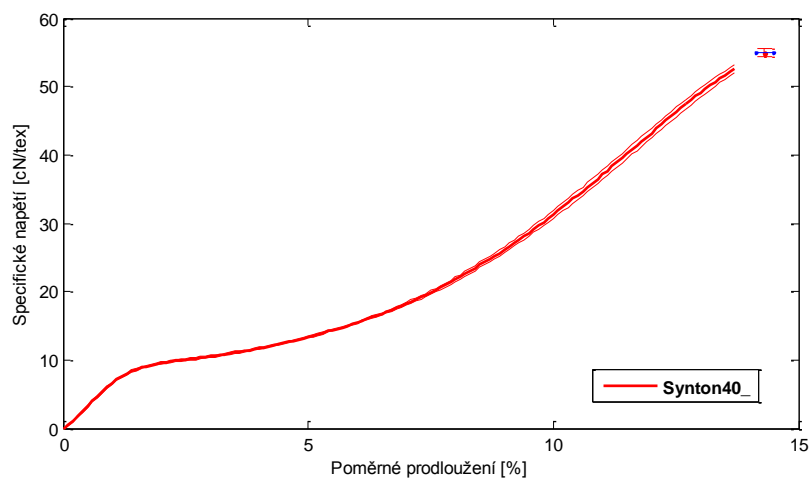
Pro grafické zobrazení tahových křivek šicích nití (obr. 19 - 23) byl použit algoritmus v programovém prostředí Matlab, vytvořený Janou Nováčkovou, s názvem „TahoveKrivky.m“. Grafy zachycují průměrnou pracovní křivku doplněnou 95% IS.



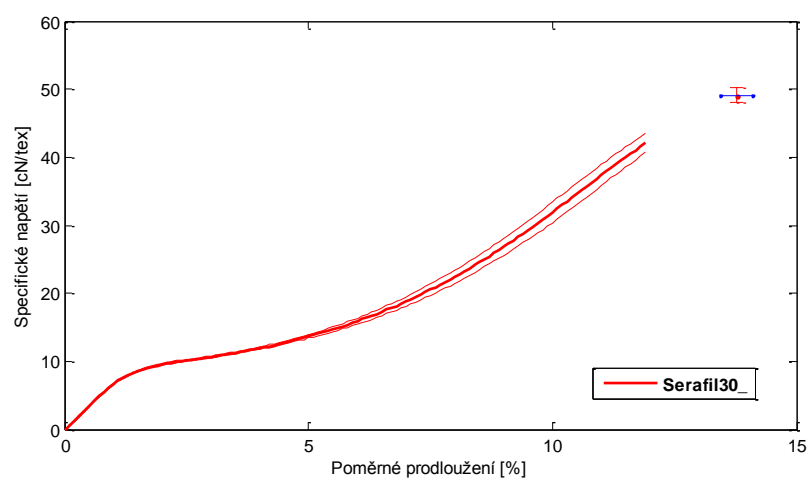
**Obr. 19.** Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 20 s 95% IS.



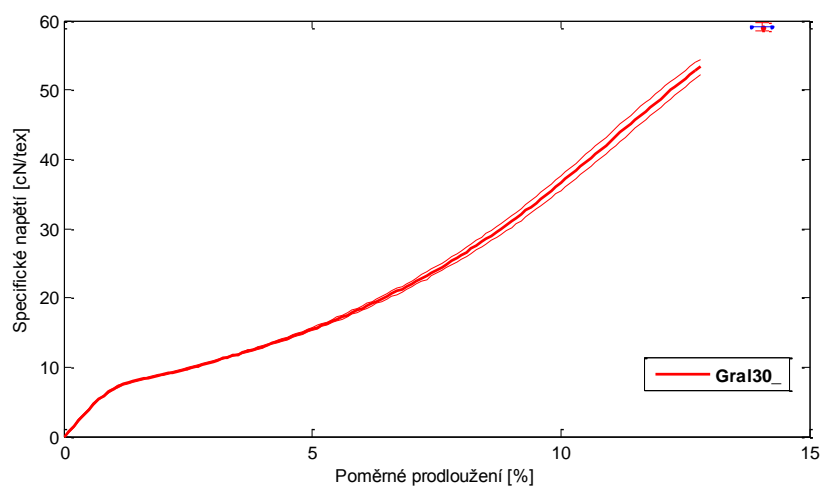
**Obr. 20.** Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 30 s 95% IS.



**Obr. 21.** *Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 40 s 95% IS.*

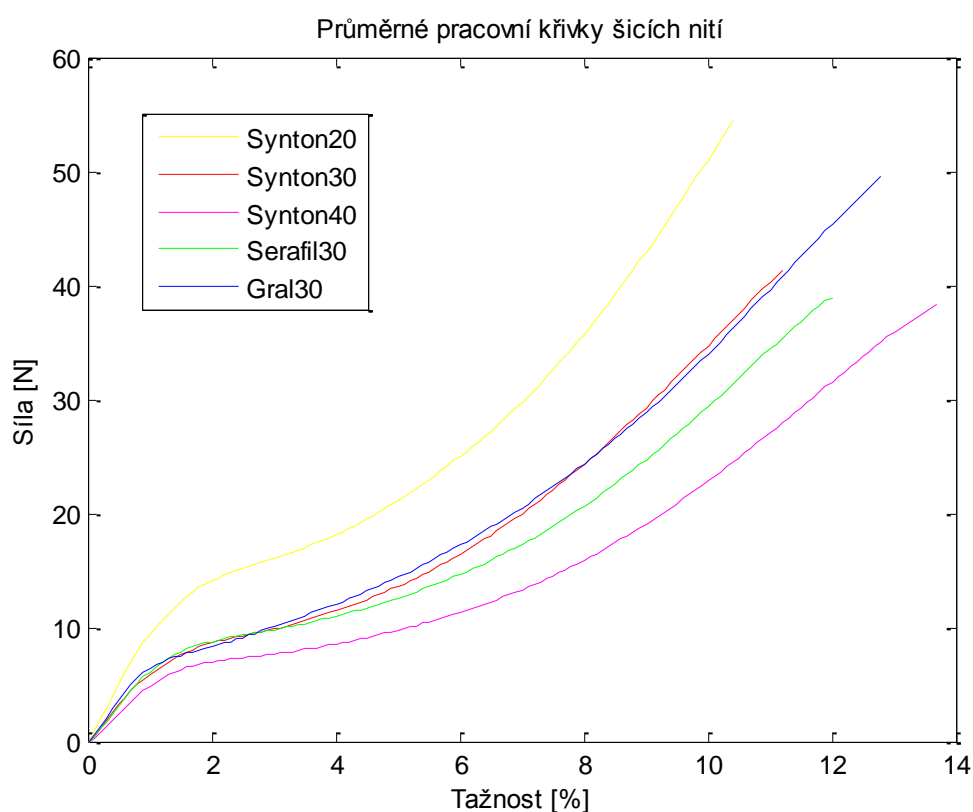


**Obr. 22.** *Průměrná pracovní křivka šicí nitě Serafil 30 s 95% IS.*



**Obr. 23.** *Průměrná pracovní křivka šicí nitě Grál 30 s 95% IS.*

Z grafu (obr. 24) je patrné, že nejvyšší pevnost v tahu má nit *Synton 20*. Její nevýhodou je vyšší cena, která je  $6,8 \text{ Kč}/100 \text{ m}$ . Zkouška prokázala, že nejnižší pevnost má nit *Synton 40*. Ovšem u těchto nití vzhledem k jejich jemnosti se takové výsledky daly očekávat. Pro experiment je důležité porovnání nití stejných jemností. Z nichž nejvyšší pevnost má nit *Grál 30*, která je současně ze zkoušených nití nejlevnější, cena je stanovena na  $3,05 \text{ Kč}/100 \text{ m}$ . Nitě *Synton 30* a *Serafil 30* jsou na pevnostně srovnatelné úrovni, ovšem nit *Serafil 30* má dvojnásobně vyšší cenu. Tato skutečnost se ve velkovýrobě, při vysoké spotřebě šicích nití, finančně výrazně projeví. Z toho důvodu by byla doporučena k výrobě nosičů travní techniky šicí nit *Synton 30*.



**Obr. 24.** Průměrné pracovní křivky šicích nití.

Pracovní křivky všech 25 zkoušek vyobrazené do jednoho grafu pro každou zkoušenou šicí nit jsou uvedeny v **příloze B**.



## 4.2 Technické popruhy

### 4.2.1 Zjištěné konstrukční parametry popruhů

Popruh *Pfeifer* má vyšší plošnou i objemovou hmotnost. Oba popruhy jsou tkané typicky pro popruhy plátňovou vazbou (tab. 16).

*Tab. 16. Konstrukční parametry popruhů.*

č.	Popruh	Pl. hm. [kg.m <sup>-2</sup> ]	Obj. hm. [kg.m <sup>-3</sup> ]	Vazba
1.	<i>Pfeifer</i>	0,668	556,3	Plátňová
2.	<i>China Plastic</i>	0,613	510,7	Plátňová

### 4.2.2 Naměřené mechanické vlastnosti popruhů

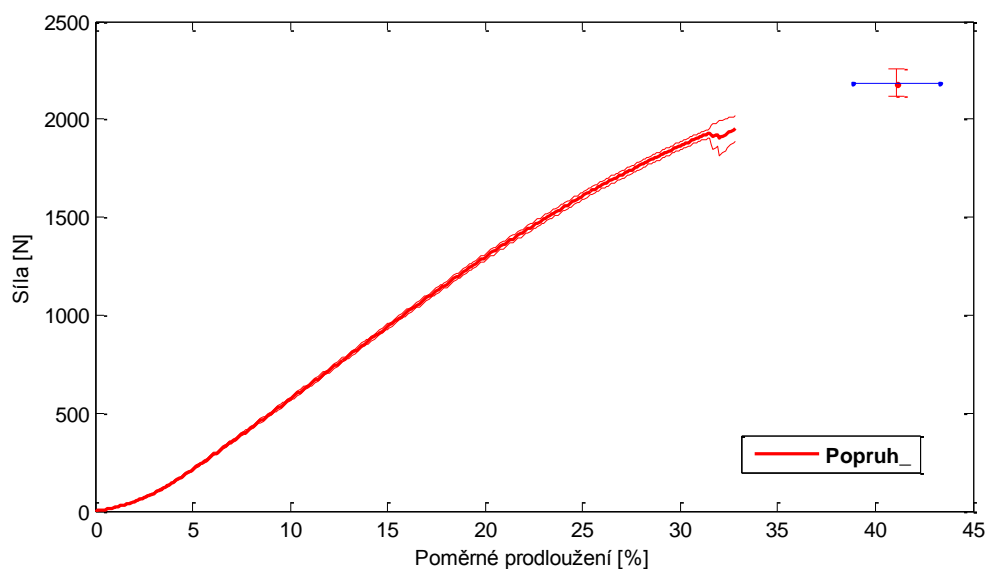
Pro průměrné síly potřebné k přetržení vzorku popruhů byly stanoveny jejich intervalové odhady s hladinou spolehlivosti  $\alpha = 0,05$  (tab. 17). Krajní hodnoty intervalu spolehlivosti byly definovány vztahem (17). Pro stanovení průměrných hodnot bylo testováno patnáct zkušebních vzorků od každé skupiny popruhů.

*Tab. 17. Výsledné hodnoty zkoušky pevnosti v tahu.*

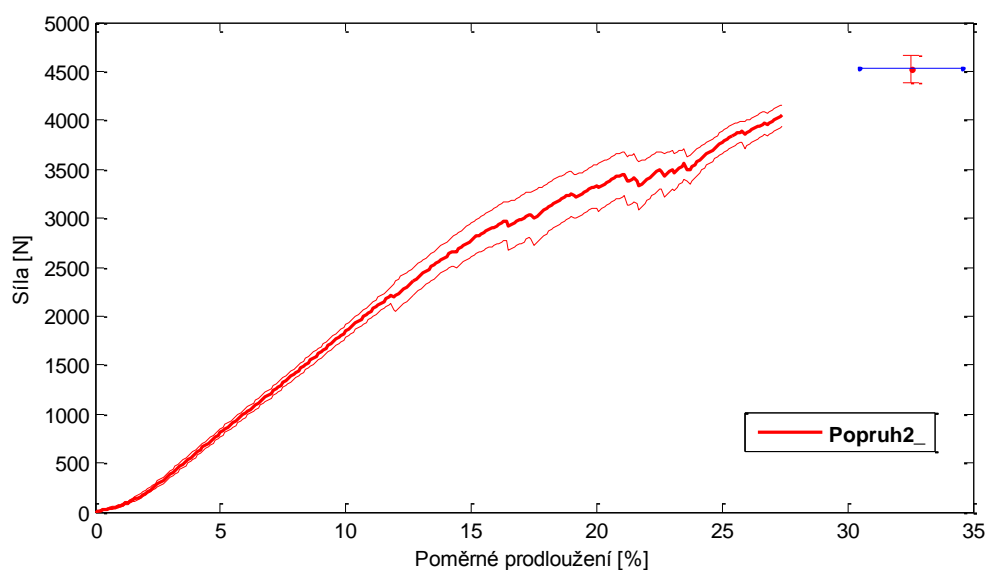
č.	$\bar{F}_{max}$ [N]	$\bar{A}_{max}$ [mm]	$\bar{W}$ [J]	$\bar{E}$ [MPa]	95% IS
1.	2222,7	83,8	109,4	294,6	(2168; 2259)
2.	4528,4	65,1	172,2	695,6	(4431; 4626)

V programu *Matlab* pomocí algoritmu *TahoveKrivky.m* (viz kapitola 4.1.2) byly vytvořeny grafy průměrných pracovních křivek popruhů s 95% IS (obr. 25, 26).

Z grafu na obrázku 26 je zřejmý prokluz popruhu *China Plastic* při zkoušce pevnosti v tahu. Z toho důvodu je nutné výsledky z uvedené zkoušky označit za neobjektivní. K nežádoucímu prokluzu došlo i v případě použití opatření jeho zamezení. Tato skutečnost by se mohla u výrobku při použití v praxi projevit nežádoucím prokluzováním v přezkách. U popruhu *Pfeifer* zkouška pevnosti v tahu splňuje požadovanou pevnostní zátěž. Cena popruhu *Pfeifer* je 2,9 Kč/m.



**Obr. 25.** Průměrná pracovní křivka popruhu Pfeifer s 95% IS.



**Obr. 26.** Průměrná pracovní křivka popruhu China Plastic s 95% IS.

Pro přesnější a objektivní stanovení pevnosti popruhu China Plastic by bylo nutné testování opakovat na alternativním dynamometru, kde je možno upevnit popruh, aniž by docházelo k nežádoucímu prokluzu. Cena u popruhu China Plastic je stanovena na 1,9 Kč/m, což představuje nižší cenu ve srovnání s popruhem Pfeifer. Popruh China Plastic by mohl být používán u produktů, kde se nekladou příliš vysoké nároky na pevnost.

## 4.3 Technické tkaniny

### 4.3.1 Zjištěné konstrukční parametry tkaniny

Pro testování byla zvolena polyamidová tkanina opatřena polyuretanovým zátěrem na rubní straně, zjištěné konstrukční parametry jsou uvedeny v tabulce 18. Právě tato tkanina se běžně používá k výrobě nosičů na travní techniku, z toho důvodu byla použita pro vyhotovení zkušebních vzorků pro experimentální část.

*Tab. 18. Konstrukční parametry PA tkaniny.*

č.	Pl. hm. [kg.m <sup>-2</sup> ]	Obj. hm. [kg.m <sup>-3</sup> ]	Vazba	Dostava (os x út)/100 mm
1.	0,229	638,05	Plátňová	120 x 120

### 4.3.2 Naměřené mechanické vlastnosti tkaniny

#### Měření oděru tkaniny

Hmotnostní úbytek byl stanoven dle vztahu 12. Průměrný hmotnostní úbytek  $\bar{U}$  pro polyamidovou tkaninu je 9,03%. Tento výsledek odpovídá tkanině s vysokou odolností v oděru. Polyamidová tkanina se stává odolnou díky polyuretanovému zátěru z rubní strany.

#### Měření pevnosti v tahu

Statistické údaje pro PA tkaninu jsou uvedeny v tabulce 19. Pro průměrné maximální síly při zkoušce pevnosti v tahu vzorku tkaniny byly stanoveny jejich intervalové odhady s hladinou spolehlivosti  $\alpha = 0,05$ . Krajní hodnoty intervalu spolehlivosti byly definovány vztahem 17. Vyšší pevnost tkaniny je ve směru osnovy.

*Tab. 19. Výsledné hodnoty zkoušky pevnosti v tahu ve směru osnovy a útku.*

PA	$\bar{F}_{max}$ [N]	$\bar{A}_{max}$ [mm]	$\bar{W}$ [J]	$\bar{E}$ [MPa]	95% IS	Počet zk.
Osnova	1770,7	53,7	62,0	246,5	(1730; 1811)	5
Útek	1492,0	48,9	43,2	216,8	(1470; 1514)	5

Jednotlivé naměřené hodnoty ze zkoušek jsou uvedeny v **příloze A**.

## 4.4 Definice závislosti pevnosti šitých spojů na různých parametrech

Pro jednotlivé vzorky skupiny A a skupiny B byly vytvořeny pro grafické znázornění základních informací o naměřených datech vrubové krabicové grafy, které jsou uvedeny v příloze C.

### 4.4.1 Analýza zkušebních vzorků skupiny A

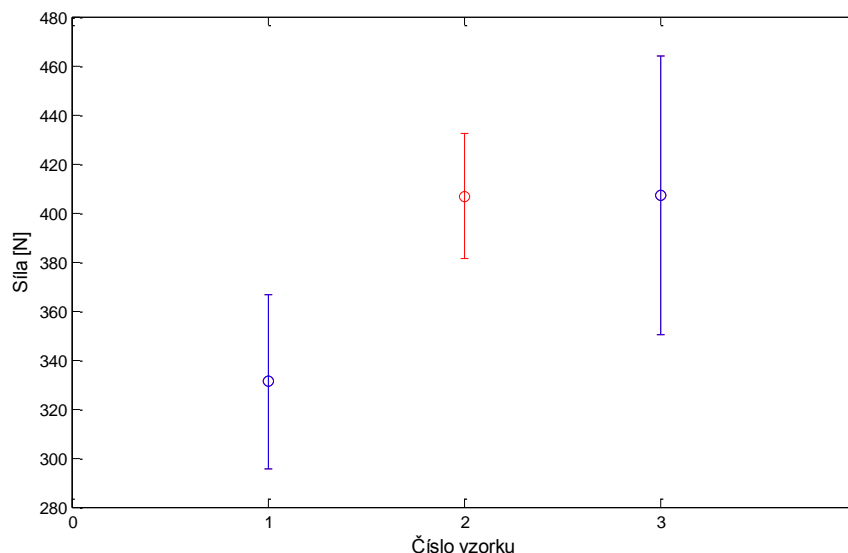
#### Počet stehů na 1 cm

Pro průměrné maximální síly byly stanoveny dle vztahu (15) směrodatné odchylky, variační koeficienty dle vztahu (16) a 95% intervaly spolehlivosti dle vztahu (17). Ze zjištěných hodnot (tab. 20) vyplývá, že v případě 2 stehů na 1 cm šitý spoj nesplňuje podmínky pevnosti stanovené vnitropodnikovými pravidly. Vzorky č. 2 a č. 3 pevnostní podmínky splňují. Ovšem v případě 4 stehů na 1 cm by došlo k nežádoucímu navýšení spotřeby šicí nitě. Vzorek č. 2 prezentuje standardně používanou hustotu stehu při hotovení výrobku. Použití tří stehů na 1 cm lze označit za neoptimálnější.

*Tab. 20. Statistické zpracování síly v závislosti na hustotě stehu.*

č. vzorku	Počet stehů na 1 cm	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$v$ [%]	95% IS
1.	2	331,2	49,8	15,0	(295,9; 366,8)
2.	3	406,8	35,8	8,8	(381,2; 432,4)
3.	4	407,2	79,2	19,4	(350,5; 463,9)

Z grafu (obr. 27), zobrazující 95% intervaly spolehlivosti pro vzorky s rozdílnou hustotou švu na 1 cm, je patrné, že v případě prvních dvou vzorků se konfidence nepřekrývají, což znamená, že zvýšení hustoty stehu na 3 cm má podstatný vliv na pevnost šitého spoje. Dochází k nárůstu pevnosti. U vzorku č. 3 je znatelný velký rozptyl, jeho příčinou je jednak možná chyba při měření a současně nízký počet měření. Odhad střední hodnoty vzorku č. 3 je srovnatelný s odhadovanou střední hodnotou vzorku č. 2. Lze konstatovat, že další navyšování počtu stehu na danou vzdálenost již nemá podstatný vliv na pevnost švu.



**Obr. 27.** Odhady středních hodnot s 95% IS pro různou hustotu stehu.

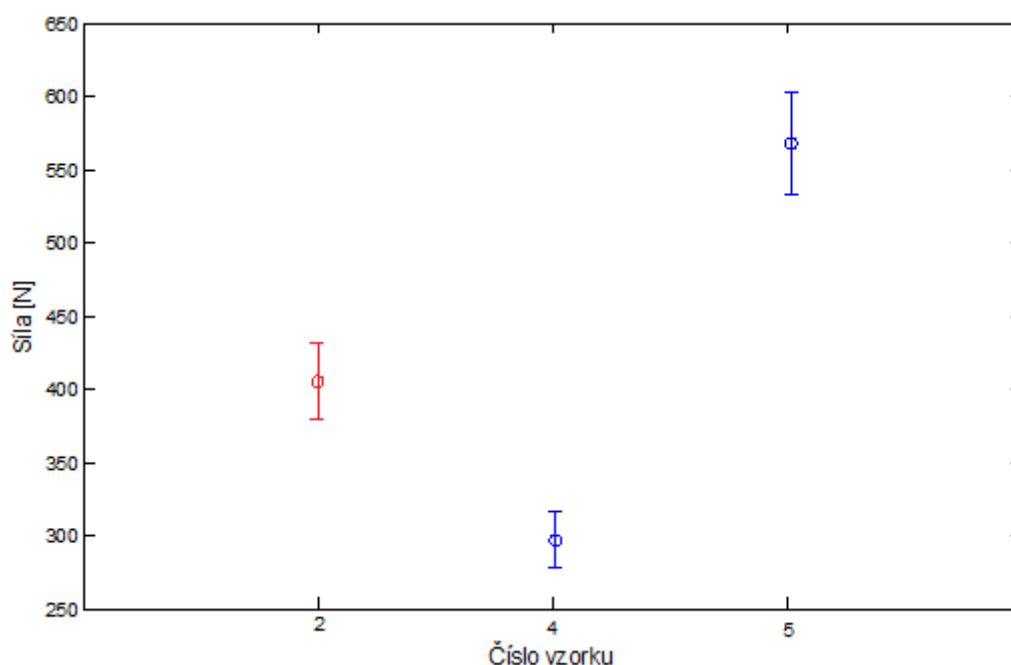
### Šíře švové záložky

Výsledné hodnoty zjištěné při trhací zkoušce byly statisticky vyhodnoceny a sepsané do tabulky 21. Tabulka zahrnuje směrodatné odchylky vyjádřené dle vztahu (15), variační koeficienty vypočtené dle vztahu (16) a 95% intervaly spolehlivosti stanovené dle vztahu (17). Pro experiment by bylo významné vyhodnotit více různých šíří švových záložek, ovšem jiné než stanovené pro experiment se v praxi používají pouze výhradně. Z výsledků vyplývá, že zmenšením šíře švových záložek síla švu nedosahuje potřebných hodnot, oproti tomu zvýšením šíře záložek na 0,7 cm šev dosahuje vynikajících výsledků. Dokonce převyšuje požadovanou sílu (350 N) o téměř 200 N. Ovšem je třeba přihlédnout k narůstající spotřebě šitého materiálu. Standardně používaná šíře 0,5 cm dosahuje daných požadavků, je tedy optimální pro splnění požadavků na nosič travní techniky.

**Tab. 21.** Statistické zpracování síly v závislosti na šíři švové záložky.

č. vzorku	Šíře ŠZ [cm]	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS
4.	0,3	293,1	27,9	9,5	(273,2; 313,0)
2.	0,5	406,8	35,8	8,8	(381,2; 432,4)
5.	0,7	566,0	48,5	8,6	(531,4; 600,7)

Odhad středních hodnot s 95% konfidenčními intervaly jsou uvedeny na obrázku 28. Z grafu je zřejmé, že síla současně se zvyšující se šíří švové záložky roste. Konfidenční intervaly se nepřekrývají, to znamená, že tento parametr švu má zásadní vliv na pevnost šitého spoje. Další navyšování šíře švové záložky má význam pouze do určité meze, pak již zvyšování této šíře na pevnost šitého spoje nemá vliv. Vzorek č. 4, prezentující 0,3 cm šíří švové záložky nesplňuje požadavky vnitropodnikových pravidel, z toho důvodu její používání v praxi u daného produktu je považováno za nevyhovující.



**Obr. 28.** Odhad středních hodnot s 95% IS pro různé šíře švových záložek.

### **Jemnost šicích nití**

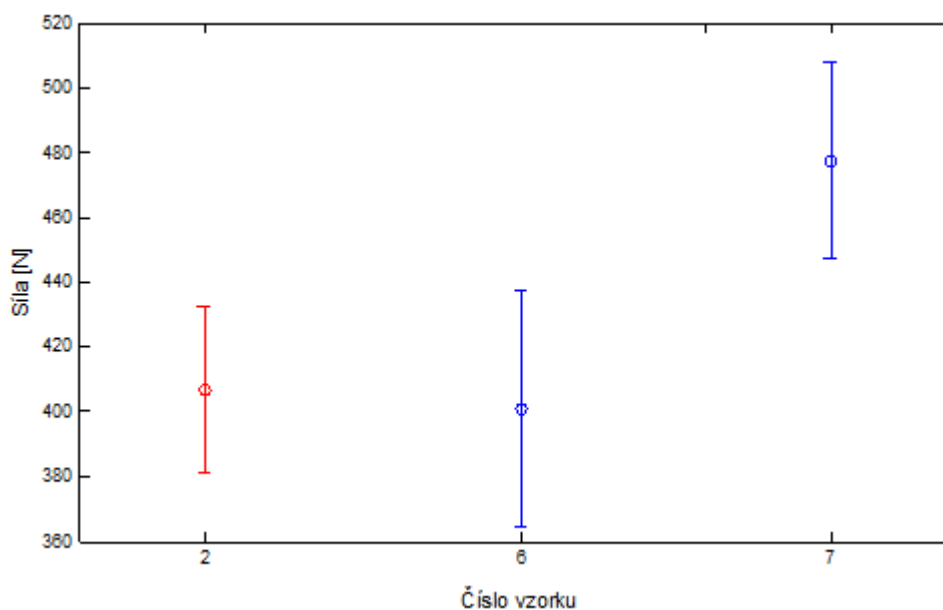
Ze zjištěných výsledků (tab. 22) je patrné, že čím hrubší nit pro šitý spoj použijeme, tím je šitý spoj pevnější. 95% interval spolehlivosti, vyjádřen dle vztahu (17), udává, že nitě *Synton 40* dosahují svou silou mírně nad požadovanou hranici. Nejnížší hodnota z deseti zkoušených vzorků danou pevnost nesplňovala. Z toho důvodu používání nitě *Synton 40* v praxi pro nosič travní techniky není doporučeno. Dále byly vyjádřeny směrodatné odchylky dle vztahu (15) a variační koeficienty podle vztahu (16). U vzorků č. 7, prezentující jemnost nitě 153 tex, byla zaznamenána vyšší pevnost než u standardně používaných nití *Synton 30*. Ovšem je nutné přihlédnout k vyšší ceně, která je stanovena na 6,80 Kč/100 m. Pro požadované plnění předepsané síly šitých spojů je dostačující

standardně používaná šicí nit *Synton 30*, a to jak z hlediska pevnosti, tak z hlediska ceny, která představuje 4,00 Kč/100 m.

**Tab. 22.** Statistické zpracování síly v závislosti na jemnostech šicích nití.

č. vzorku	Jemnost nitě [tex]/etiketní číslo	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS
6.	73 / (40)	400,8	50,8	12,7	(364,5; 437,1)
2.	90 / (30)	406,8	35,8	8,8	(381,2; 432,4)
7.	153 / (20)	477,3	42,5	8,9	(446,8; 507,7)

Různé jemnosti šicích nití mají na pevnost vliv, pevnost se zvyšující se jemností viditelně mírně roste. Z grafu (obr. 29) je patrné, že vliv na pevnost šitého spoje je menší než v předchozích dvou případech. U vzorku č. 6, prezentující nitě s jemností 73 tex, jsou v krabicovém grafu (příloha C) znázorněné možné vybočující hodnoty, je zde možná chyba při měření, popřípadě defektní část šitého nebo šicího materiálu. Vybočující hodnoty mohou zásadně ovlivnit výsledné hodnoty, především při malých počtech zkoušených vzorků.



**Obr. 29.** Odhad středních hodnot s 95% IS pro různé jemnosti šicích nití.

### Typy šicích nití

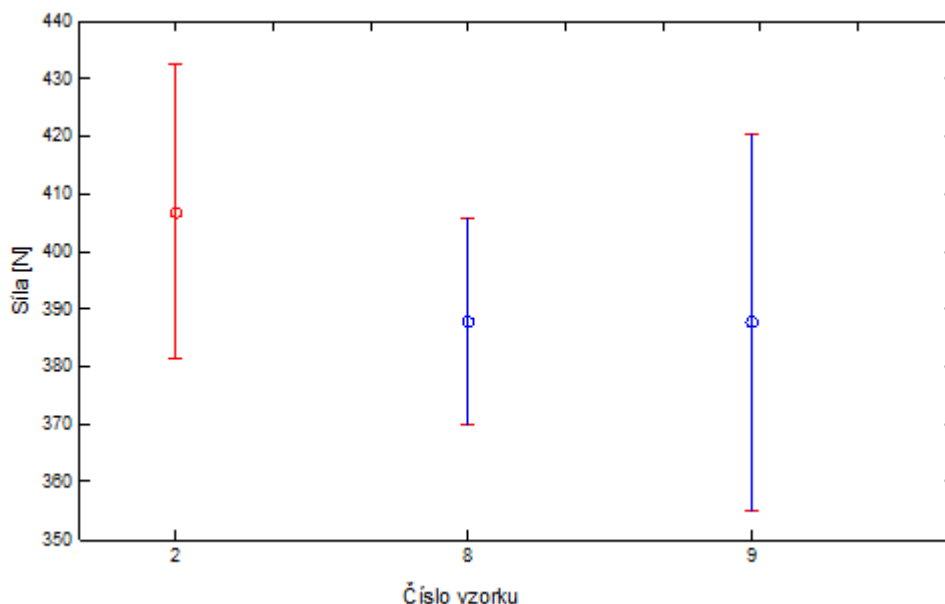
Statisticky zpracované výsledné hodnoty z trhací zkoušky jsou uvedeny v tabulce 23. Pro průměrné maximální síly při trhací zkoušce byly stanoveny směrodatné odchylky dle vztahu (15), variační koeficienty dle vztahu (16) a 95% intervaly spolehlivosti dle vztahu (17). Uvedená skupina vzorků byla vyhotovena pomocí polyesterových šicích nití shodných jemností, ovšem odlišných dodavatelů. Při experimentu různých dodavatelů nebylo dosaženo velkých rozdílností. Nitě *Serafil 30* dosahují potřebné pevnosti šitého spoje, ale díky vysoké ceně, která činí 9,25 Kč/100 m zapříčiněné zahraničním výrobcem, se jejich použití stává zcela neekonomické. V úvahu pak připadá použití nitě *Grál 30*, kde je cena stanovena na 3,05 Kč/100 m. Zde by bylo vhodné experimentálně vyzkoušet více zkušebních vzorků, vzhledem k vysokému rozptylu dat. I v tomto případě vyšla pevnost standardně používané šicí nitě *Synton 30*, kde je cena stanovena na 4,00 Kč/100 m, jako nejoptimálnější.

*Tab. 23. Statistické zpracování síly pro různé typy šicích nití.*

č. vzorku	Typ nitě	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS
8.	<i>Serafil 30</i>	387,9	24,8	6,4	(370,2; 405,7)
2.	<i>Synton 30</i>	406,8	35,8	8,8	(381,2; 432,4)
9.	<i>Grál 30</i>	387,8	45,6	11,8	(355,2; 420,5)

Odhady středních hodnot s jejich 95% konfidenčními intervaly jsou znázorněny v grafu (obr. 30). Z grafu vyplývá, že různé typy šicích nití pevnost šitého spoje téměř neovlivní. U vzorku č. 8 v krabicovém grafu (příloha C), prezentující šicí nit *Serafil 30*, je označena možná vybočující hodnota, která mohla být zapříčiněna nepřesností při měření. Odhadovaná střední hodnota dosahuje nejvyšší hodnoty u vzorku č. 2, tedy standardně používané šicí nitě. U vzorku č. 9, představující šicí nit *Grál 30*, je patrné velké rozptýlení dat. Z výsledků vyplývá, že nejlepší variantou ze škály pěti zkoušených šicích nití je nejvíce vyhovující šicí nit *Synton 30*.

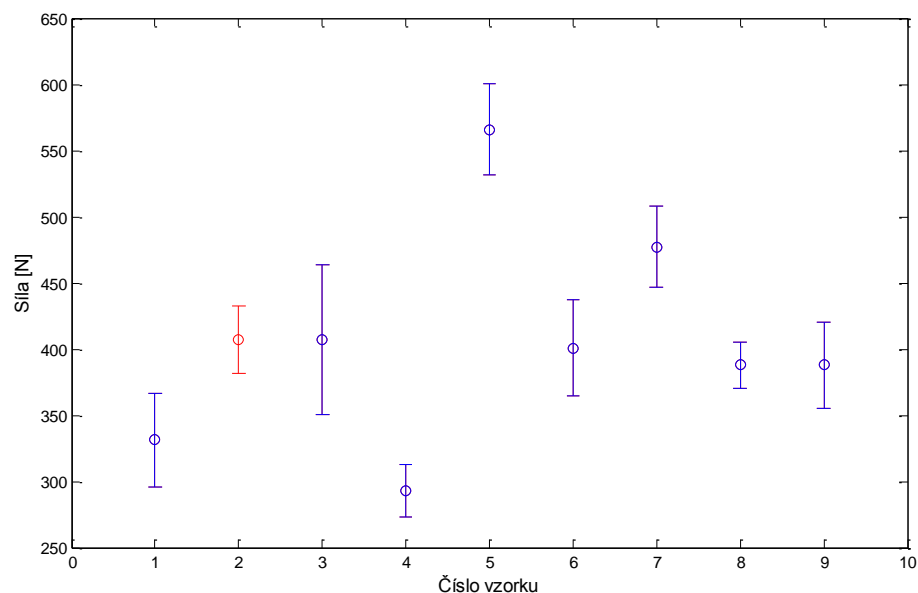




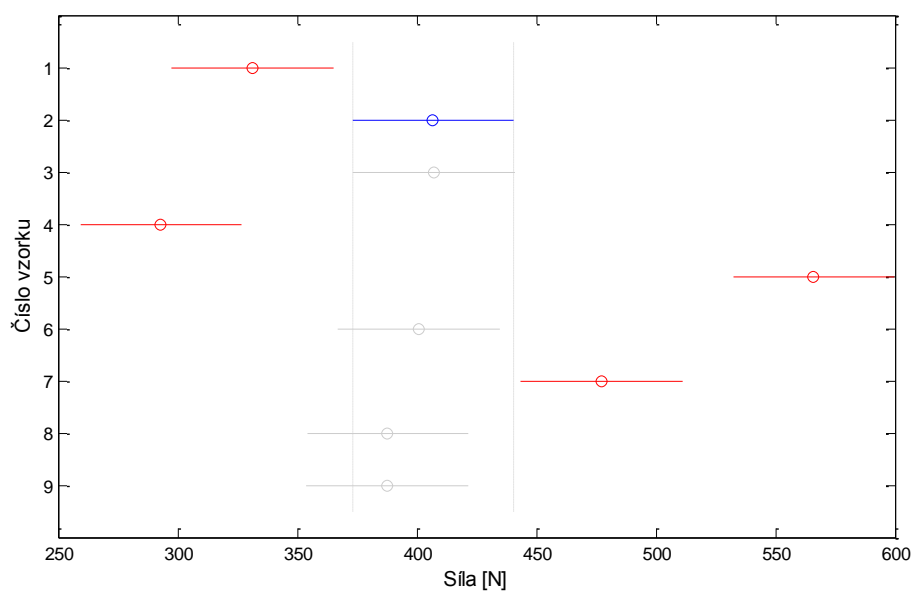
**Obr. 30.** Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé typy šicích nití.

Pro celkové srovnání byl vytvořen graf (obr. 31) zahrnující souhrn měřených vzorků, který zobrazuje odhady středních hodnot s 95% konfidenčními intervaly. Standardně používaná varianta šitého spoje je v grafech vyznačena červenou barvou. Největší rozptýlení dat je patrné u vzorku č. 3, který prezentuje 4 stehy na 1 cm. Naopak nejnižší rozptýlení dat je viditelné u vzorku s šicí nití *Synton 30* (vzorek č. 8). Jako zcela nevyhovující se projeví – vzorek č. 1, který odpovídá 2 stehům do 1 cm, a také vzorek č. 4, který představuje 0,3 cm šíři švové záložky. U některých vzorků se objevily možné vybočující hodnoty. Zvýšením počtu zkoušených vzorků by se dosáhlo přesnějších výsledků. Tuto uvedenou skutečnost si firma uvědomuje. Ovšem z časového i finančního hlediska bylo dohodnuto s vedením firmy, že bude k dispozici deset vzorků od každé skupiny. Již toto uvedené množství dostatečně nastíní zkoumané závislosti u zjišťovaných parametrů.

Na grafu (obr. 32) je znázorněno vícenásobné porovnání odhadů středních hodnot. Tyto odhady se ve většině případů překrývají, což poukazuje na výsledné hodnoty kumulující se kolem standardně používaných parametrů. Standardně používaný šev je znázorněn modrou barvou. Zcela nevyhovující vyšly z experimentu vzorky č. 1 a č. 4. V případě vzorků č. 5 a č. 7 bylo dosaženo vyšších pevností. Ovšem při jejich použití se jedná o neekonomické řešení a to v obou případech.



**Obr. 31.** Porovnání odhadů středních hodnot s 95% IS vzorků skupiny A.



**Obr. 32.** Graf srovnání odhadovaných středních hodnot vzorků skupiny A.

Výsledky vícenásobného porovnávání (tab. 24) pro standardně používané parametry při porovnání středních hodnot se vzorky č. 3, 6, 8 a 9, jsou nevýznamné. To znamená, že nelze zamítnout hypotézu  $H_0$ , že skutečný rozdíl je nulový. Naopak významné rozdíly při porovnání středních hodnot vůči standardu mají vzorky č. 4, 5 a 7. V tomto případě se hypotéza  $H_0$  zamítá.

Tab. 24. Výsledné hodnoty vícenásobného porovnávání.

č. řádku	Porovnávané vzorky		Rozdíl středních hodnot	95% IS rozdílu středních hodnot	Významnost rozdílu
1.	1	2	-75.7	(-143.3; -8.1)	Významný
2.	1	3	-76,0	(-143.6; -8.4)	Významný
3.	1	4	38.1	(-29.5; 105.7)	Nevýznamný
4.	1	5	-234.9	(-302.5; -167.3)	Významný
5.	1	6	-69.7	(-137.3; -2.1)	Významný
6.	1	7	-146.1	(-213.7; -78.5)	Významný
7.	1	8	-56.7	(-124.3; 10.9)	Nevýznamný
8.	1	9	-56.6	(-124.2; 11.0)	Nevýznamný
9.	2	3	-0.3	(-67.9; 67.3)	Nevýznamný
10.	2	4	113.7	(46.1; 181.3)	Významný
11.	2	5	-159.2	(-226.8; -91.6)	Významný
12.	2	6	5.9	(-61.7; 73.5)	Nevýznamný
13.	2	7	-70.5	(-138.1; -2.9)	Významný
14.	2	8	19,0	(-48.6; 86.6)	Nevýznamný
15.	2	9	19.1	(-48.5; 86.7)	Nevýznamný
16.	3	4	114.1	(46.5; 181.7)	Významný
17.	3	5	-158.9	(-226.5; -91.3)	Významný
18.	3	6	6.3	(-61.3; 73.9)	Nevýznamný
19.	3	7	-70.1	(-137.7; -2.5)	Významný
20.	3	8	19.3	(-48.3; 86.9)	Nevýznamný
21.	3	9	19.4	(-48.2; 87.0)	Nevýznamný
22.	4	5	-273,0	(-340.6; -205.3)	Významný
23.	4	6	-107.8	(-175.4; -40.2)	Významný
24.	4	7	-184.2	(-251.8; -116.6)	Významný
25.	4	8	-94.8	(-162.4; -27.2)	Významný
26.	4	9	-94.7	(-162.3; -27.1)	Významný
27.	5	6	165.1	(97.5; 232.7)	Významný
28.	5	7	88.7	(21.1; 156.3)	Významný
29.	5	8	178.2	(110.6; 245.8)	Významný
30.	5	9	178.3	(110.7; 245.9)	Významný
31.	6	7	-76.4	(-144.0; -8.8)	Významný
32.	6	8	13.0	(-54.6; 80.6)	Nevýznamný
33.	6	9	13.1	(-54.5; 80.7)	Nevýznamný
34.	7	8	89.4	(21.8; 157.0)	Významný
35.	7	9	89.5	(21.9; 157.1)	Významný
36.	8	9	0.1	(-67.5; 67.7)	Nevýznamný

Ze zpracování statistických údajů a jejich grafického znázornění bylo zjištěno, že typy různých šicích nití nemají na pevnost vliv, jejich 95% IS se překrývají. Z toho důvodu byl tento parametr pro následné stanovení míry závislosti metodou  $2^k$  faktoriální návrh vyřazen.

### **2<sup>3</sup> faktoriální návrh**

Pro definování závislosti byla zvolena metoda *2<sup>3</sup> faktoriální návrh*. Na základě všech možných variant kombinací byly vyhotoveny nové zkušební vzorky, které zahrnují veškeré možné varianty kombinací pro parametry - počet stehu na 1 cm (*A*), šíře švové záložky (*B*) a jemnost šicí nitě (*C*). Počet možných variant je stanoven dle počtu faktorů a jejich úrovní, v tomto případě se jedná o dvě úrovně tří faktorů -  $2^3$ , což odpovídá celkem osmi variantám řešení. Tabulka 25 představuje výčet všech možných kombinací vyjádřených pomocí kódovaných čísel *1* a *-1*, které značí horní a dolní úroveň faktorů.

Pro každou variantu bylo vytvořeno deset zkušebních vzorků, u kterých se sledovala maximální síla [N]. Pro parametry byly stanoveny jejich horní a dolní úrovně (maximální a minimální hodnoty), uvedeny v tabulce 26. V tabulce 27 jsou uvedeny parametry, dle kterých byly vyhotoveny nové zkušební vzorky.

Zpracování následujících výsledných hodnot bylo prováděno pomocí programu *Matlab*. Vytvořený algoritmus je uveden v **příloze D**.

**Tab. 25.** Kódované varianty kombinací faktorů *A*, *B* a *C*.

<b>Varianty kombinací</b>	<b><i>A</i></b>	<b><i>B</i></b>	<b><i>C</i></b>
<i>(1)</i>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>
<i>a</i>	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>-1</b>
<i>b</i>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>
<i>c</i>	<b>-1</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>
<i>ab</i>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>
<i>ac</i>	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>1</b>
<i>bc</i>	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<i>abc</i>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Tab. 26.** Horní a dolní úroveň parametrů *A*, *B* a *C*.

<b>Úroveň/parametr</b>	<b><i>A</i></b>	<b><i>B</i></b>	<b><i>C</i></b>
<b>Dolní úroveň = -1</b>	2	0,3	73
<b>Horní úroveň = 1</b>	4	0,7	153

**Tab. 27.** Varianty kombinací faktorů *A*, *B* a *C*.

Varianty kombinací	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
(1)	2	0,3	73
<i>a</i>	2	0,3	153
<i>b</i>	2	0,7	73
<i>c</i>	4	0,3	153
<i>ab</i>	2	0,7	73
<i>ac</i>	4	0,7	153
<i>bc</i>	4	0,3	153
<i>abc</i>	4	0,7	153

Analýza rozptylu (obr. 33) uvádí shrnutí odhadovaných vlivů efektů jednotlivých parametrů. Tabulka níže (tab. 28) obsahuje součty čtverců efektů a jejich procentuální podíl z celkového součtu čtverců. Jedná se sice o hrubý odhad podílu, ale zato účinného, který nastíní relativní důležitost každého efektu. Z výsledků v tabulce je zřejmé, že největší příspěvek do celkového součtu čtverců má parametr *B* se 73%, který prezentuje šíři švové záložky. Příspěvek faktoru *C* do celkového součtu čtverců tvoří 10%, tento parametr představuje jemnost použitých šicích nití. Významná je také interakce těchto dvou faktorů *BC*, procentuelní zastoupení v celkovém součtu čtverců interakce mezi šíří švové záložky a jemnosti nitě je 2,5%. Celkově tyto hlavní efekty představují 85,5% z celkové sumy čtverců. Lze konstatovat, na základě velmi nízkých *p*-hodnot u efektů *B*, *C* a interakce *BC*, že tyto zjištěné hlavní efekty jsou významné.

Analysis of Variance					
Source	Sum Sq.	d. f.	Mean Sq.	F	Prob>F
X1	23.1	1	23.1	0.01	0.928
X2	1248450.5	1	1248450.5	444.06	0
X3	167554.8	1	167554.8	59.6	0
X1*X2	26974.5	1	26974.5	9.59	0.0028
X1*X3	389	1	389	0.14	0.711
X2*X3	42522.6	1	42522.6	15.12	0.0002
X1*X2*X3	22124.6	1	22124.6	7.87	0.0065
Error	202424.8	72	2811.5		
Total	1710463.9	79			

Constrained (Type III) sums of squares.

**Obr. 33.** Výsledné hodnoty analýzy rozptylu.

**Tab. 28.** Výsledné součty čtverců jednotlivých faktorů a jejich interakcí.

Faktory	Součet čtverců	Součet čtverců [%]
<i>A</i>	23,1	0,0
<i>B</i>	1 248 450,5	73,0
<i>C</i>	167 554,8	9,8
<i>AB</i>	26 974,5	1,6
<i>AC</i>	389,0	0,0
<i>BC</i>	42 522,6	2,5
<i>ABC</i>	22 124,6	1,3
<i>Chyba</i>	202 424,8	11,8
<b>Celkem</b>	<b>1 710 463,9</b>	<b>100</b>

Pro tyto výše uvedené významné faktory byla použita regresní analýza, která udává odhad pevnosti šitého spoje  $Y$  v závislosti na šíři švové záložky (faktor  $B$ ), jemnosti šicí nitě (faktor  $C$ ) a jejich vzájemné interakci (faktory  $BC$ ). Regresní model je vytvořen dle vztahu 24:

$$Y = 130,0 + 299,0 B + (-0,3) C + 2,9 BC,$$

kde  $Y$  je síla [N], 299,0 je regresní koeficient nezávisle proměnné  $B$ , která představuje parametr šíře švové záložky,  $(-0,3)$  je regresní koeficient proměnné  $C$ , která odpovídá jemnosti šicích nití, 2,9 je regresní koeficient proměnné  $BC$ , která představuje vzájemnou interakci faktorů  $B$  a  $C$ .

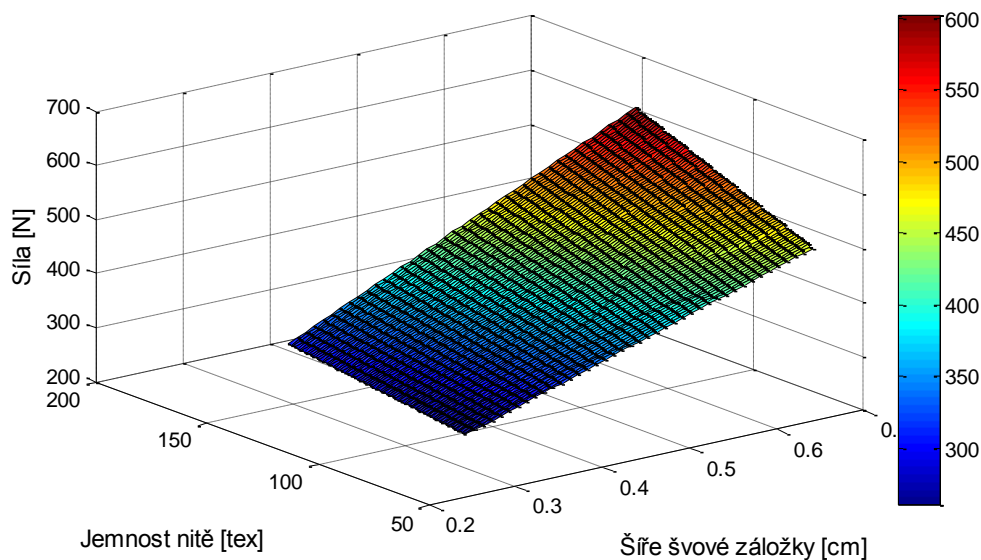
Regresní analýza významných faktorů pro skutečné a kódované faktory, kterými jsou faktor  $B$ ,  $C$  a  $BC$ , jsou uvedeny v tabulce 29. Z hodnot představující koeficienty lineární regrese je zřejmé, že nejvyšší vliv na pevnost má faktor  $B$  (šíře švové záložky).

**Tab. 29.** Souhrn koeficientů lineární regrese pro významné faktory.

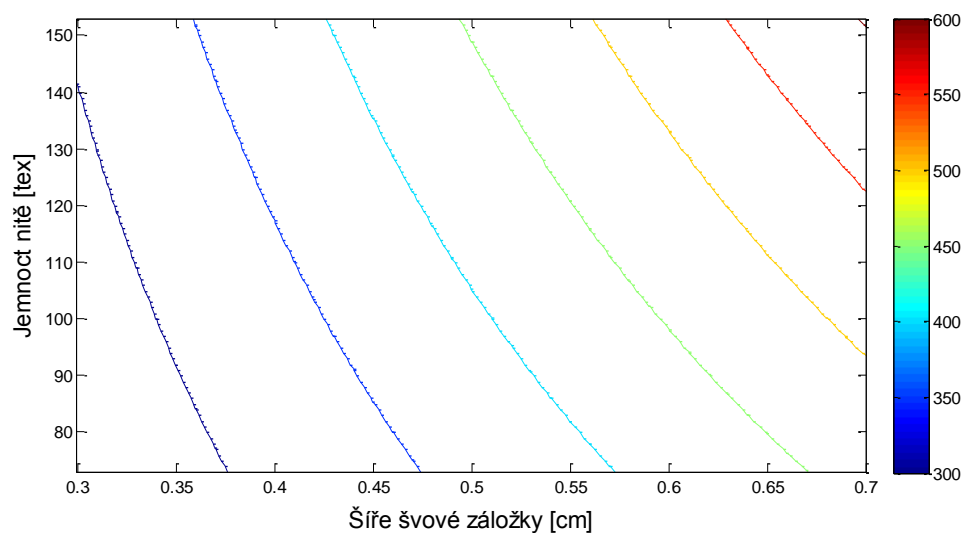
Regresní koeficient - významných faktorů		
Významné faktory	Kódované faktory	Skutečné faktory
(1)	408,8	130,0
<i>B</i>	124,9	299,0
<i>C</i>	45,8	-0,3
<i>BC</i>	23,1	2,9

Vliv interakcí faktorů  $B$  a  $C$  v závislosti na odhadu síly je znázorněn pomocí grafů (obr. 34, 35). Obrázek 34 představuje 3D plošný síťový graf, kde profil vzniklé plochy prezentuje interakci faktorů  $B$  a  $C$  v závislosti na pevnosti šitého spoje. Graf znázorňuje ploch pro odhad síly šitého spoje, pro faktory, u kterých byla z regresního modelu zjištěna závislost na pevnosti. Jelikož model obsahuje interakce, je výsledný profil plochy odhadované síly zakřivený. Vyplněním požadovaných parametrů do výsledného regresního modelu, lze získat odhadovanou pevnost šitého spoje. Dosazením šíře švové záložky [cm] na ose  $x$  a jemnosti nitě [tex] na ose  $z$ , se získá odhad síly [N] vyobrazené na ose  $y$ . Pro splnění podmínky požadované síly pro šitý spoj existuje řada kombinací těchto faktorů.

Na obrázku 35 jsou znázorněny kontury plochy, jako odezva na odhadovanou sílu šitých spojů. Kontury vrstevnic jsou zakřivené, jak bylo výše uvedeno u profilu vykreslené plochy, díky přítomnosti interakcí.



**Obr. 34.** 3D síťový graf zobrazující interakci faktorů  $B$  a  $C$  v závislosti na pevnosti.



**Obr. 35.** Graf znázorňující kontury zkusné plochy.

Pro všechny kombinace faktorů a jejich interakce, kódovaných i skutečných faktorů, byla provedena regresní analýza. Výsledky lineární regrese pro skutečné a kódované faktory jsou shrnuty v tabulce 30.

**Tab. 30.** Souhrn regresních koeficientů pro všechny faktory.

Lineární regrese		
Faktory	Kódované faktory	Skutečné faktory
(I)	408,8	-377,2
A	-0,5	169,0
B	124,9	1279,0
C	45,8	3,0
AB	-18,4	-326,7
AC	-2,2	-1,1
BC	23,1	-3,4
ABC	16,6	-2,0



### **Shrnutí výsledků analýzy vzorků skupiny A (dvounitný vázaný steh rovný)**

Pro definování závislosti pevnosti byly vytvořeny zkušební vzorky se čtyřmi proměnnými parametry, které byly následně statisticky a graficky zpracované a vyhodnocené. U parametru počet stehů na 1 cm lze konstatovat, že standardně používané 3 stehy na 1 cm je nejlepší variantou a další navyšování počtu stehu nemá na pevnost již podstatný vliv. Pro parametr šíře švové záložky bylo zjištěno, že v případě snížení šíře švové záložky ze standardních 0,5 cm, šev nesplňuje stanovený pevnostní požadavek. Naopak při zvýšení šíře dochází k nárůstu pevnosti, ale současně i také k nežádoucí spotřebě šitého materiálu. Neoptimálnější variantou dalšího parametru pro různé jemnosti šicích nití, jak z pohledu kvality, tak i ceny je standardně používána šicí nit Synton 30, která má jemnost 90 tex. Poslední proměnou byly různé typy šicích nití resp. různí dodavatelé. Bylo zjištěno, že pevnost na tomto parametru není závislá, pevnost dosahovala srovnatelných výsledků u všech třech typů šicích nití. Z toho důvodu byl tento parametr z dalšího zpracování vyřazen.

Na základě parametrů, u kterých se závislost na pevnosti prokázala, byla aplikována metoda  $2^3$  faktoriální návrh, pro kterou byly vytvořeny nové zkušební vzorky. Z analýzy rozptylu vyplývá, že největší vliv na pevnost má parametr šíře švové záložky, jemnost šicích nití a jejich vzájemná interakce. Z čehož šíře švové záložky představuje příspěvek 73% z celkové sumy čtverců, jemnost šicích nití 10% a jejich vzájemná interakce 2,5%. Celkově tyto hlavní efekty představují 85,5% z celkové sumy čtverců. Pro hlavní efekty byla vytvořena regresní analýza, která udává odhad závislosti pevnosti šitého spoje  $Y$  na šíři švové záložky ( $B$ ), jemnosti šicí nitě ( $C$ ) a jejich vzájemné interakci ( $BC$ ). Regresní model je  $Y = 130,0 + 299,0 B + (-0,3) C + 2,9 BC$ .

Výstupem regresní analýzy je 3D plošný síťový graf, kde profil vzniklé plochy prezentuje odhadovanou sílu šitého spoje v závislosti interakce šíře švové záložky a jemnosti šicí nitě. Dosazením šíře švové záložky [cm] a jemnosti nitě [tex], lze získat odhad síly [N]. Pro splnění podmínky kladené na šitý spoj, kterou je dosažení síly nad 350N/50 mm, existuje řada kombinací těchto parametrů.

#### 4.4.2 Analýza zkušebních vzorků skupiny B

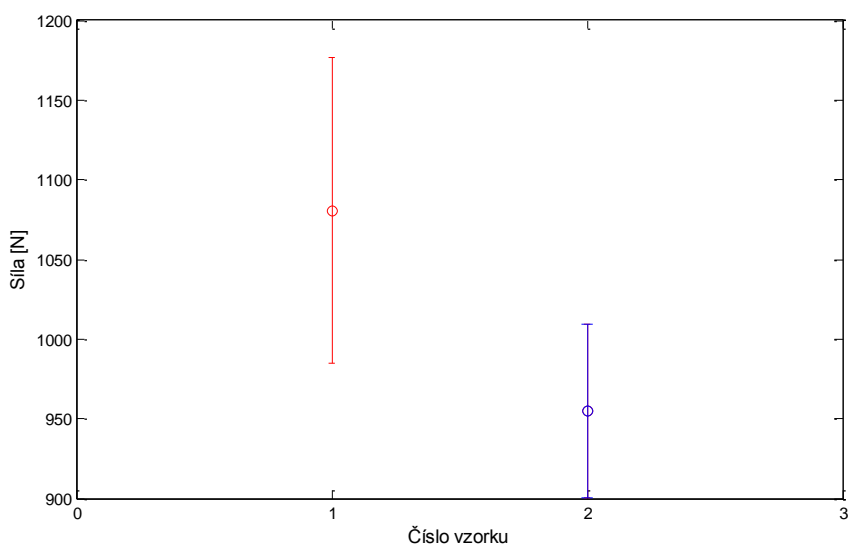
##### Různé typy popruhů

Pro průměrné maximální síly byly stanoveny dle vztahu (15) směrodatné odchylky, variační koeficienty dle vztahu (16) a 95% intervaly spolehlivosti dle vztahu (17). Ze zjištěných hodnot (tab. 31) vyplývá, že v případě použití standardně používaného popruhu Pfeifer dosahuje šev vyšší pevnosti než při použití alternativního popruhu China Plastic.

*Tab. 31. Statistické zpracování síly u vzorků s různými typy popruhů.*

č. vzorku	Typ popruhu	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS
1.	Pfeifer	1080,4	77,3	7,2	(984,5; 1176,3)
2.	China Plastic	954,7	43,9	4,6	(900,3; 1009,1)

Z grafu (obr. 36) je zřejmé, že využití pro pevnostní švy popruhu Pfeifer je výrazně výhodnější, vyplývá to i z výsledků testování samotných popruhů. Ovšem v případě nutné racionalizace ceny, by bylo možné popruh China Plastic použít, protože i se zhoršenými výslednými hodnotami stále splňuje požadovanou minimální pevnost. Jeho cena je stanovena na 1,7 Kč/m. Ověřilo se, že snížením ceny dochází současně ke snížení kvality. Popruh Pfeifer, jehož cena je 2,7 Kč/m, je optimální pro výrobu nosičů.



*Obr. 36. Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé typy popruhů.*

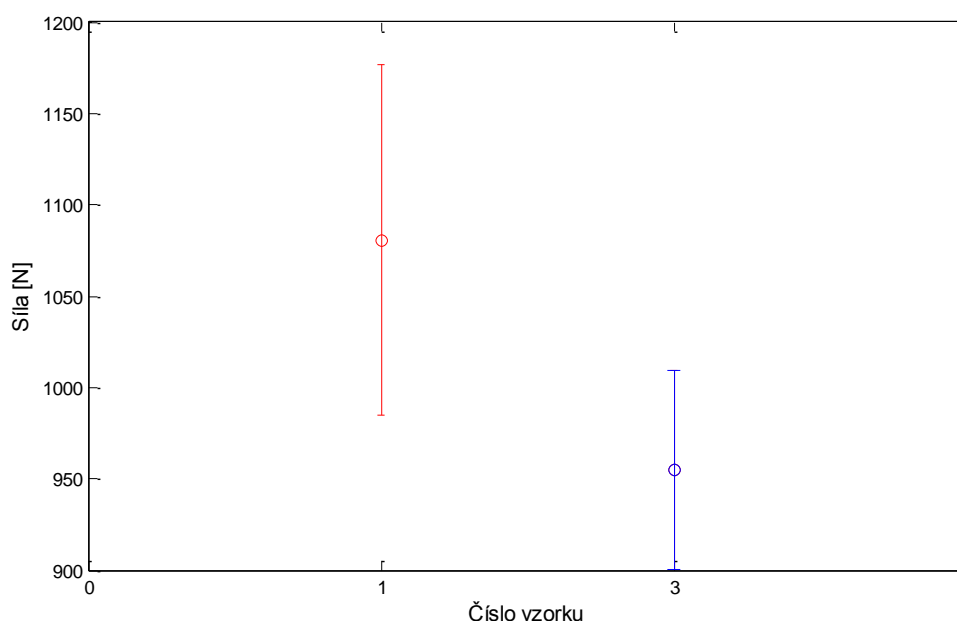
### Způsob ložení popruhu

Statisticky vyhodnocené hodnoty naměřené při trhací zkoušce jsou uvedeny v tabulce 32. Pro průměrné maximální síly byly stanoveny směrodatné odchylky dle vztahu (15), variační koeficienty dle vztahu (16) a 95% intervaly spolehlivosti dle vztahu (17). Ze zjištěných hodnot vyplývá, že podehnutí popruhu při našívání zapříčiní snížení pevnosti šitého spoje.

*Tab. 32. Statistické zpracování síly u vzorků s rozdílným způsobem našití popruhu.*

č. vzorku	Ložení popruhu	$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$v$ [%]	95% IS
1.	1x	1080,4	77,3	7,2	(984,5; 1176,3)
3.	2x	1015,4	53,5	5,3	(948,9; 1081,9)

Graf (obr. 37) znázorňuje odhad středních hodnot s 95% konfidenčními intervaly pro skupinu vzorků, u kterých se mění způsob našití tkaného popruhu na polstrovaný popruh. Podehnutím popruhu dochází k navýšení tloušťky spojovaných materiálů. Při dvojném zahnutí popruhu navíc dochází k navýšení jeho spotřeby. Z těchto uvedených důvodů lze konstatovat, že standardní ložení popruhu je optimální.



*Obr. 37. Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé ložení popruhů.*

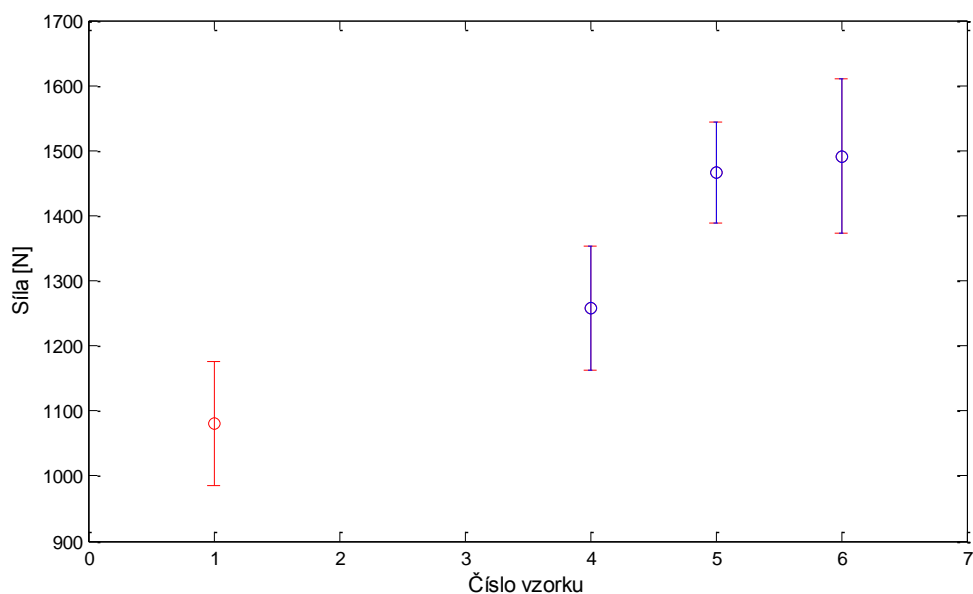
### Různé parametry stehu

V tabulce 33 jsou uvedeny statisticky vyhodnocené maximální průměrné síly, zjištěné při zkoušce pevnosti v tahu. Parametry stehu byly voleny na základě předem definovaných programů šicích automatů, a také dle používání při šití výrobků. U nastavených proměnných parametrů stehu byla pevnost ve všech případech vyšší.

**Tab. 33.** Statistické zpracování síly pro vzorky s různými parametry stehu.

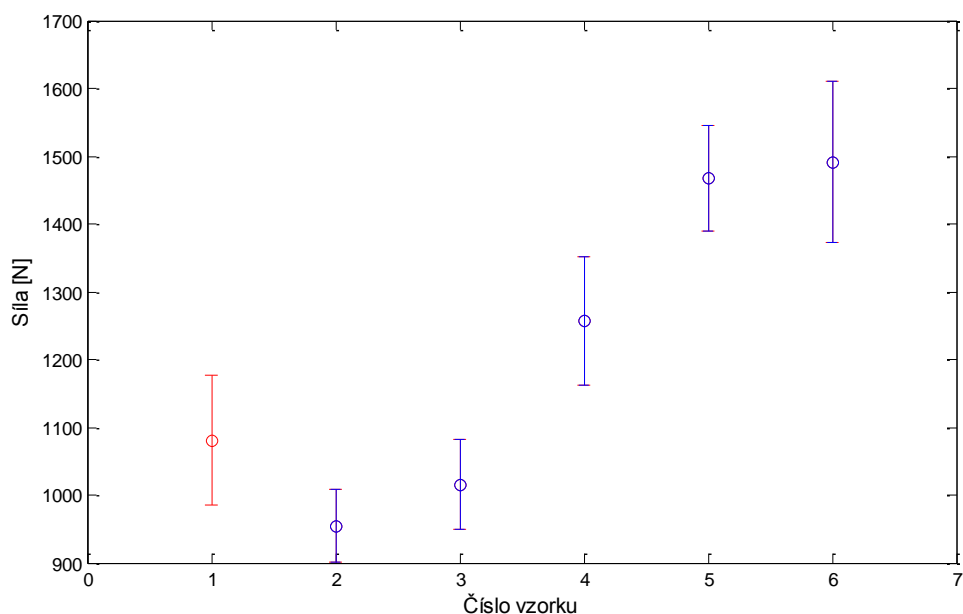
č. vzorku	Parametry stehu		$\bar{F}_{max}$ [N]	$s$	$\nu$ [%]	95% IS
	Počet	Šíře [mm]				
1.	38	1	1080,4	77,3	7,2	(984,5; 1176,3)
4.	54	6	1257,3	76,8	6,1	(1162; 1352,6)
5.	58	4	1466,8	62,9	4,3	(1388,8; 1544,8)
6.	70	5	1491,0	95,8	6,4	(1372,1; 1609,9)

Odhady středních hodnot s 95% konfidenčními intervaly jsou uvedeny na obrázku 38. Na obrázku lze porovnat odhady středních hodnot jednotlivých měření zkušebních vzorků při různých parametrech použitého švu. U vzorků č. 4, 5 a 6 došlo k navýšení jak počtu stehů na danou vzdálenost, tak šíře stehů [mm], což představovalo předpoklad navýšení jejich pevnosti. Nejmenší variabilitu má vzorek č. 5.



**Obr. 38.** Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé parametry stehu.

Porovnání středních hodnot s uvedenými 95% konfidenčními intervaly pro celou skupinu vzorků *B* je znázorněno na obrázku 39. Podle výše uvedených vnitropodnikových pravidel musí tyto šité spoje nosičů travní techniky odolat velké zátěži, jejíž minimální hodnota je stanovena na 750 N/50 mm. Tento požadavek splňují šité spoje u všech měřených vzorků. Při srovnání vzorků se standardně používanými parametry s ostatními vzorky dojdeme k závěru, že menší pevnost byla naměřena u změny typu popruhů a u jeho dvojného ložení. Naopak změna parametrů stehu, dle běžně používaných předem definovaných parametrů, přispěla k nárůstu pevnosti ve všech třech případech.

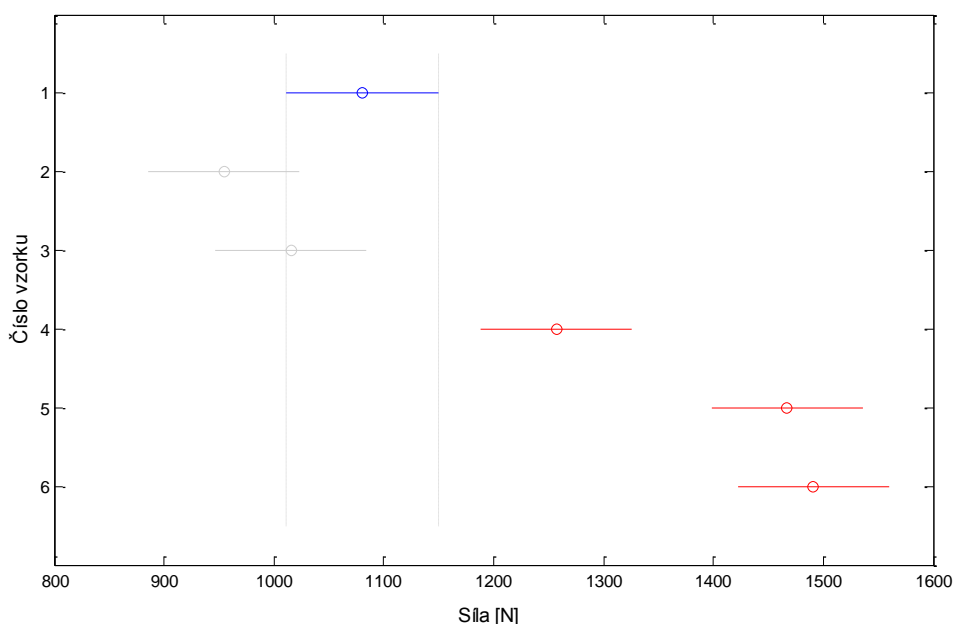


**Obr. 39.** Porovnání středních hodnot s 95% IS u vzorků skupiny *B*.

Vzhledem k předem definovaným šicím programům nebylo možné vyhotovit zkušební vzorky skupiny *B* dle potřeb pro následné zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh jako u skupiny vzorků *A*. Z toho důvodu bylo pro vyhodnocení závislosti zvoleno testování hypotéz.

Běžně se testuje shoda středních hodnot pomocí jednovýběrového *t* - testu za předpokladu, že jsou střední hodnoty shodné – hypotéza ( $H_0$ ), proti alternativě  $H_A$ , že nejsou shodné. Jelikož se v tomto případě jedná o výběry z více skupin a jejich

následného vzájemného porovnání, bylo v programu *Matlab* pomocí příkazu *multcompare* provedeno vícenásobné porovnání středních hodnot.



**Obr. 40.** Vzájemné porovnání středních hodnot s 95% IS.

Interaktivní graf (obr. 40) zobrazuje srovnání odhadů středních hodnot a jejich 95% intervalů spolehlivosti. Pro každou jednotlivou skupinu vzorků je v grafu znázorněn odhad střední hodnoty, zastoupen symbolem (kroužek), s intervalem spolehlivosti kolem symbolu. Pokud intervaly spolehlivosti odhadů středních hodnot jsou disjunktní, znamená to, že vlastnosti jsou významně odlišné. V druhém případě, pokud se intervaly odhadů středních hodnot překrývají, jejich vlastnosti nejsou významně odlišné. Ve srovnání se vzorkem č. 1 se významně neliší vzorek č. 2, prezentující skupinu vzorků s použitím alternativního popruhu China Plastic, a vzorek č. 3 představující skupinu vzorků s našitým podehnutým popruhem. Naopak významně odlišné se projeví zbývající skupiny vzorků č. 4, 5 a 6, u kterých byly nastaveny dle šicích programů různé parametry stehu.

Výsledné hodnoty vícenásobného porovnání jsou uvedeny v tabulce 34. Každý řádek v tabulce představuje test významnosti rozdílu mezi dvěma výběrovými průměry. Testována je hypotéza  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  proti alternativě  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ . Ověřením pomocí  $F$ -testu bylo zjištěno, že se jedná o shodné rozptyly  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ . Na základě toho bylo zvoleno testovací kritérium  $T$  dle vztahu (32) a určena kritická hodnota z tabulek

Studentova rozdělení pro  $n_1 + n_2 - 2$  stupně volnosti a hladina významnosti  $\alpha$ . V případě, že  $|T| >$  kritická hodnota, hypotéza  $H_0$  se zamítá.

Nevýznamný rozdíl středních hodnot naměřených sil byl zjištěn při porovnání vzorků se standardně používanými parametry a vzorkem č. 2, prezentující změnu typu popruhu, a vzorkem č. 3, který zastupuje skupinu vzorků s odlišným způsobem ložení popruhu při našívání. Pro tato porovnání platí, že není možné zamítnout hypotézu  $H_0$ , že skutečný rozdíl je nulový.

Naopak porovnání středních hodnot standardu a vzorků č. 4, 5 a 6 ukázalo, že rozdíl středních hodnot je významný, tudíž se hypotéza  $H_0$  zamítá.

**Tab. 34.** *Vzájemné porovnání středních hodnot.*

č. řádku	Porovnávané vzorky		Rozdíl středních hodnot	95% IS rozdílu středních hodnot	Významnost rozdílu
1.	1	2	125,7	(-12,0; 263,5)	Nevýznamný
2.	1	3	65,1	(-72,7; 202,8)	Nevýznamný
3.	1	4	-176,8	(-314,6; -39,6)	Významný
4.	1	5	-386,4	(-524,2; -248,6)	Významný
5.	1	6	-410,6	(-548,3; -272,8)	Významný
6.	2	3	-60,7	(-198,4; 77,1)	Nevýznamný
7.	2	4	-302,5	(-440,3; -164,8)	Významný
8.	2	5	-512,1	(-649,9; -374,4)	Významný
9.	2	6	-536,3	(-674,1; -398,6)	Významný
10.	3	4	-241,9	(-379,7; -104,1)	Významný
11.	3	5	-451,5	(-589,2; -313,7)	Významný
12.	3	6	-475,7	(-613,4; -337,9)	Významný
13.	4	5	-209,6	(-347,3; -71,8)	Významný
14.	4	6	-233,8	(-371,5; -96,0)	Významný
15.	5	6	-24,2	(-161,9; 113,6)	Nevýznamný

### **Shrnutí výsledků analýzy vzorků skupiny B (dvounitný vázaný steh klikatý)**

Pro stanovení závislosti pevnosti na různých parametrech byly vyhotoveny zkušební vzorky, u kterých se na základě standardně používaného švu měnily vybrané parametry. Zjištěná data byly následně statisticky zpracovány a vyhodnoceny. Prvním parametrem byl různý typ popruhu, při použití alternativního popruhu China Plastic dochází ke snížení pevnosti šitého spoje oproti běžně používanému popruhu Pfeifer. Dalším parametrem bylo zvoleno ložení popruhu při našívání na polstrovaný popruh. Podehnutím popruhu při našívání došlo ke snížení pevnosti šitého spoje. Naopak u další proměnné, kterou jsou parametry stehu, došlo ve všech případech k nárůstu pevnosti šitého spoje. Na skupinu vzorků *B* je kladen požadavek 750N/50 mm. Všechny zkoušené vzorky tento předpoklad splnily. Vzhledem ke skutečnosti, že šité spoje byly vyhotovené na šicích automatech, u kterých nelze nezávisle na sobě měnit parametry stehu, nebylo možné k následujícímu zpracování použít metodu  $2^k$  faktoriální návrh.

Pro definování závislosti pevnosti byl použit test významnosti rozdílu mezi dvěma výběrovými průměry. Jedná se o vícenásobné porovnání středních hodnot. Hypotéza  $H_0$  říká, že skutečný rozdíl středních hodnot je nulový. Ve většině porovnání byla hypotéza  $H_0$  zamítnuta. Při testování vzorků č. 1 a č. 2, představující standardně používané parametry a alternativní popruh, dále u vzorků č. 1 a č. 3, prezentující standardně používané parametry a způsob ložení popruhu, dále u vzorků č. 2 a č. 3 a u porovnání vzorků č. 5 a č. 6, představující změny parametrů stehu, bylo rozhodnuto, že není možné zamítnout hypotézu  $H_0$ . Mezi výběrovými středními hodnotami uvedených vzorků byl zjištěn nevýznamný rozdíl. U ostatních jednotlivých porovnání bylo zjištěno, že se jedná o významné rozdíly středních hodnot. Z toho důvodu se v tomto případě hypotéza  $H_0$  zamítá. Jedná se o zkušební vzorky s různými parametry švů v porovnání se vzorky č. 1, 2 a 3 (standardní šev, typ popruhu, způsob ložení při šití popruhu). Významné je také porovnání středních hodnot vzorku č. 4 se vzorky č. 5 a 6.



## 5. NÁVRH KATALOGU ŠITÝCH SPOJŮ

### 5.1 Analýza šitých spojů používaných v praxi

U vytipovaných šitých výrobků v Gala a.s. byla provedena analýza šitých spojů. Následně byla sestavena osnova nejčastěji používaných šitých spojů, na jejímž základě byly vyhotoveny zkušební vzorky. Parametry zkušebních vzorků odpovídají normě [33], testované zkušební metodou *Grab*.

Podstatné bylo vytvořit uspořádaný systém v aplikované řadě zkoušených šitých spojů. Veškeré šité spoje byly separovány do tří kategorií. **První kategorii** představují švy šité dvounitným vázaným stehem klikatým, **druhá kategorie** jsou spoje šité dvounitným vázaným stehem rovným a **třetí kategorie** jsou šité spoje ve tvaru tzv. psaníčka.

Katalog budou tvořit výhradně šité spoje hotovené na šicích automatech. Blíže se jedná o šicí automaty značky *Adler 570*, *Brother KE 430*, *Brother BAS 311*, *Juki AMS 210*, *Juki AMS 224 P*.

### 5.2 Výběr vzorků

Vybrané parametry byly zvoleny shodně pro všechny typy švů, především z důvodu rychlé a jasné orientace. Jako materiál pro vyhotovení vzorků byl strategicky vybrán polypropylenový popruh, jehož pevnost bude zaručeně ve všech případech vyšší než uvedené švy. Což zajistí objektivitu při hodnocení a vzájemném porovnávání zjištěných parametrů šitých spojů.

Šíře popruhu je 45 mm, délka hotového zkušebního vzorku je 200 mm a tloušťka 2,1 mm. Zkušební vzorky byly sešité polyesterovou nití *Synton 30*, která je standardně používanou u většiny výrobků. Použitá jehla byla *Grossbecker 140*.

Vzhledem k časovým ale také ekonomickým důvodům bylo vyhotoveno pět zkušebních vzorků od každé skupiny, což představuje minimální počet pro statistické vyhodnocení trhací zkoušky.

### 5.3 Struktura katalogu šitých spojů

Struktura a vzhled katalogu by měly přispět ke snadnější orientaci při tvorbě šitých spojů v praxi. Návrh katalogu „*Nejčastěji používaných pevnostních švů*“ je uveden v **příloze E**.

V prvním sloupci katalogu jsou uvedena schematická vyobrazení jednotlivých šitých spojů. Pro jejich vytvoření byl použit program pro počítačovou grafiku AutoCAD 2008 od firmy Autodesk. Tento náčrtek poskytne jasnou vizuální představu o druhu a typu určitého šitého spoje. Příčný směr trhání je u většiny schematických náčrtů zkušebních vzorků ve směru svislém, v případě změny, z důvodu velikosti náčrtu a konečném vzhledu katalogu, je tento náčrtek doplněn směrovými šipkami, které naznačují směr trhání. Následující dva sloupce katalogu prezentují parametry šitého spoje, podrobněji zahrnují počet stehů, délku a šíři švů v milimetrech. Další sloupec představuje typ použitého šicího automatu pro vytvoření zkušebních vzorků. Dále katalog zahrnuje strojní čas neboli časovou náročnost daného šitého spoje, zjištěnou průměrem z pěti měření zkušebních vzorků. Měření je čistě čas šití, nikoli celková pracnost, jelikož ta je závislá na druhu šitého materiálu. Dalším podstatným parametrem je průměrná pevnost šitých spojů, stanovená z pěti měření. Průměrná pevnost je doplněná 95% intervalovými odhady. Krajní hodnoty intervalu spolehlivosti byly definovány vztahem (17).

## 6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo stanovit a doporučit společnosti Gala a.s. optimální parametry šitých spojů pro nosič travní techniky a současně definovat závislost pevnosti na různých parametrech vyhotovení zkušebních vzorků.

Analyzovány byly dvě skupiny testovaných vzorků. Každá skupina zahrnovala vzorky se standardně používanými parametry u nosiče travní techniky a vzorky u nichž se měnily vybrané parametry švu.

Pro skupinu vzorků A (dvounitný vázaný steh rovný) vybranými parametry byly hustota stehu, šíře švové záložky, jemnost šicí nitě a typ šicí nitě. Na základě výsledků statistického zpracování dat jsou společnosti Gala a.s. doporučeny optimální parametry šitého spoje, který musí odolat při používání v praxi 350N/50 mm. Z hlediska ceny a kvality jsou doporučeny 3 stehy na 1 cm, šíře švové záložky 0,5 cm, jemnost šicí nitě 90 tex a šicí nit *Synton 30*. Uvedené hodnoty jsou ve všech případech shodné se standardně používanými parametry. Doporučuje se firmě možná alternativa v šicí niti *Grál 30* vzhledem k nižší ceně a dosahovaných vyhovujících pevností. Vzhledem k rozptýlení hodnot při testování této nitě by bylo vhodné provést rozsáhlejší měření pro přesnější výsledné hodnoty.

Pro definování závislosti pevnosti na různých parametrech šitých spojů skupiny A byl vyřazen parametr typ šicí nitě, jelikož bylo zjištěno vícenásobným porovnáním středních hodnot, že proměnná nemá na pevnost zásadní vliv. Na základě parametrů, u kterých se závislost na pevnosti prokázala, byla aplikována metoda  $2^3$  faktoriální návrh, pro kterou byly vytvořeny nové zkušební vzorky. Z analýzy rozptylu vyplývá, že největší vliv na pevnost má šíře švové záložky, která představuje 73% příspěvek z celkové sumy čtverců, jemnost šicích nití, jejíž příspěvek je 10% z celkové sumy čtverců a jejich vzájemná interakce, která odpovídá 2,5% z celkové sumy čtverců. Celkově tyto hlavní efekty představují 85,5% z celkové sumy čtverců. Pro hlavní efekty byla vytvořena regresní analýza, která udává odhad závislosti pevnosti šitého spoje na šíři švové záložky, jemnosti šicí nitě a jejich vzájemné interakci.

Výstupem regresní analýzy je 3D plošný síťový graf, kde profil vzniklé plochy prezentuje odhadovanou sílu šitého spoje v závislosti interakce šíře švové záložky a jemnosti šicí nitě (viz obr. 34, kapitola 4.4.1).

U skupiny vzorků skupiny *B* (dvounitný vázaný steh klikatý) byly zvoleny jako proměnné typ použitého popruhu, ložení popruhu při šití a různé parametry klikatého stehu. Požadavkem na namáhané švy dle vnitropodnikových pravidel je odolat síle 750N/50 mm. Vzhledem ke kvalitě a finanční nákladnosti je optimální použití popruhu Pfeifer, standardní ložení popruhu při jeho našití a 38 stehů pro šíři 1 mm švu. V ostatních případech dochází ke snížení pevnosti šitého spoje nebo k navýšení nežádoucí materiálové spotřeby. Vzhledem ke skutečnosti, že šité spoje byly vyhotoveny na šicích automatech, u kterých nelze nezávisle na sobě měnit parametry stehu, nebylo možné použít k definování závislosti pevnosti metodu  $2^k$  faktoriální návrh.

Pro stanovení závislosti bylo použito vícenásobné porovnání středních hodnot. Významný rozdíl středních hodnot byl zjištěn u zkušebních vzorků standardního provedení a vzorků s různými parametry stehu, ve všech případech. Dále při porovnání středních hodnot vzorků s použitím alternativního popruhu a vzorků s různými parametry stehu byl zjištěn významný vliv. Jiný způsob ložení popruhu v porovnání s různými parametry stehu je vyznačován taktéž významným rozdílem středních hodnot. Mezi jednotlivými vzorky s různými parametry švu byl také vyšetřen významný rozdíl středních hodnot, a to pro parametry 54 stehů s 6 mm šíří švu v porovnání s 58 stehy s 4 mm šíří švu a 70 stehy s 5 mm šíří švu. Autorka doporučuje společnosti Gala a.s. dle postupu diplomové práce opakovat laboratorní měření ve více variantách parametrů stehu a ve větším rozsahu. Z důvodu zjištění podrobnějších vzájemných vlivů mezi parametry metodou  $2^k$  faktoriální návrh.

Součástí práce je vytvořený návrh katalogu šitých spojů, obsahující dosažené maximální průměrné síly pro každou skupinu testovaných zkušebních vzorků vztažené na 50 mm dlouhý šev. Katalog je doplněn parametry použitých stehů s uvedením typu šicího stroje a strojním časem šití. Pro jednotlivé šité spoje byl pomocí programu AutoCAD vytvořen schematický náčrtek. Vytvořený návrh katalogu „*Nejčastěji používaných pevnostních švů*“ bude sloužit technicko – hospodářským pracovníkům jako rychlá orientační pomůcka při konstrukci výrobků v praxi.

## Seznam použité literatury:

- [1] VAIDA, J., STANYŠ, SIGITAS.: *The analysis of the seam strength characteristics of the PES-PTFE air-jet-textured sewing threads*. International Journal of Clothing Science and Technology. United Kingdom, 2005, 17 (3/4), s. 264 – 271.
- [2] DOSHI, G.: *Essentials For Enhanced Seam Strength*. Ezine articles. United Kingdom, 2006. 23 (12), s. 14-17.
- [3] SAVILLE, B., P.: *Physical testing of textiles*. 1. Vyd. England: Woodhead Publishing Ltd, 1999. ISBN 0-8493-0568-3.
- [4] CHOWDHARY, USHA, POYNOR, DONNA: *Impact of stitch density on seam strength, seam elongation, and seam efficiency*. International Journal of Consumer Studies. United states, 2006. 16 (11), s. 561 – 568.
- [5] MUKHOPADHYAY, A., SIKKA, M., KARMAKAR, A.K.: *Impact of laundering on the seam tensile properties of suiting fabric*. International Journal of Clothing Science and Technology. United Kingdom, 2004. 16 (3/4), s. 394-403.
- [6] LEVENT, O., MITHAT, Z., MAHMUT, K., SHEIK, M.: *Predicting the Seam Strength of Notched Webbing for Parachute Assemblies Using the Taguchi's Design of Experiment and Artificial Neural Networks*. Textile Research Journal. United States, 2009. 79 (5), s. 468-478.
- [7] Optimalizace [online]. 2006 [cit. 19. 11. 2010]. Dostupné z WWW: <[http://slovníkcizichslov.abz.cz/web.php/hledat?typ\\_hledani=prefix&cizi\\_slovo=optimalizace](http://slovníkcizichslov.abz.cz/web.php/hledat?typ_hledani=prefix&cizi_slovo=optimalizace)>.
- [8] DOSEDĚLOVÁ, I. : Přednášky předmětu: *Technologie oděvní výroby*, Prostějov: KKV, 2004.
- [9] Popruh [online]. [cit. 22. 12. 2010]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Popruh>>.
- [10] Technické textilie [online]. [cit. 2. 1. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.kht.tul.cz/items/STV/STVP/11.P%C5%99.%20Technick%C3%A9%20textilie%20L.pdf>>.

- [11] ČSN 80 0073. *Pojmy používané při zkoušení textilií tahem*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- [12] Katalog [online]. [cit. 6. 2. 2011]. Dostupné z WWW:  
<<http://cs.wikipedia.org/wiki/Katalog>>.
- [13] VÁCLAVÍK, O. *Od minulosti k dnešku*. Výroční zpráva Gala Krasice. Prostějov 2009.
- [14] SWN 41400 – 01. *Gurte und Tragsysteme für Motorgeräte*. Výňatek z normy. Listopad, 2007.
- [15] *Technické předpisy výrobků společnosti Gala a.s.* Firemní literatura Gala a.s. Prostějov.
- [16] ZOUHAROVÁ, J.: *Výroba oděvů 2*. Katedra oděvnictví. Liberec, 2002.
- [17] Zkoušení textilií - *Mechanické vlastnosti plošných textilií*. Učební podklady Katedry textilních materiálů, TUL. Liberec, 2005.
- [18] KUNZ, O.: *K problematice vlastností švů, ve vztahu k vlastnostem šitého materiálu*. 1 vyd. Brno: VÚP, 1979.
- [19] ČSN EN ISO 13935 – 2: *Textilie – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [20] PLURA, J.: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.
- [21] ČSN ISO 802001. *Textilie. Označování směru zákrutů nití a obdobných výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [22] Tkani 2 [online]. 2007 [cit. 16. 12. 2010]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.skolertextilu.cz/tkani2/index.php?page=5>>.
- [23] ČSN EN ISO 2062 80 0700 *Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu*. Praha: Normalizační institut, 2010.

- [24] KOVAČIČ, V.: *Textilní zkušebnictví 2*, 1. vydání, Katedra textilních materiálů. Liberec, 2004. ISBN 80-7083-825-6.
- [25] ČSN EN ISO 13934 – 1: *Textilie – Tahové vlastnosti plošných textilií – Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [26] BRICHTOVÁ, L.: *Pravděpodobnost a matematická statistika*. 2. Díl. Skripta KKV. Prostějov, 2008.
- [27] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: *Kompendium statistického zpracování dat*. 1.vyd. Praha, 2002. ISBN 80-200-1008-4.
- [28] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšení jakosti*. 1. vyd. Ostrava, 2000. ISBN 80-7225-040-X.
- [29] ANDĚL, J.: *Matematická statistika*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1978.
- [30] JAROŠOVÁ, E.: *Navrhování experimentů a jejich analýza*. 1. vyd. Praha, 2007. ISBN 078-80-02-01985-5.
- [31] STANĚK J.: *Nauka o textilních materiálech*. Díl I., Část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií. Skripta VŠST. Liberec, 1986.
- [32] Digitální tloušťkoměr [online]. [cit. 8. 2. 2011]. Dostupné z WWW: <[http://www.ft.tul.cz/index.cgi?text=&strana=2&sort=pristroj\\_en\\_p&search=&ksort=ASC&fun=pristroje](http://www.ft.tul.cz/index.cgi?text=&strana=2&sort=pristroj_en_p&search=&ksort=ASC&fun=pristroje)>.
- [33] ČSN EN ISO 13935-2 *Textilie – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [34] Dynamometr TIRATEST 2300 [online]. [cit. 15. 1. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.ft.tul.cz/index.cgi?detail=9&fun=pristroje>>.
- [35] MONTGOMERY, D., C.: *Design and Analysis of Experiments*. 5. vyd. New York, 2001. ISBN: 0-471-31649-0.

## Seznam použitých obrázků:

<b>Obr. 1.</b> Logo firmy Gala a.s [13].	17
<b>Obr. 2.</b> Graf procentuelní rozložení šité produkce společnosti.	18
<b>Obr. 3.</b> Detail zobrazující hřbetový šev.	20
<b>Obr. 4.</b> Detail zobrazující přeplátovaný šev.	20
<b>Obr. 5.</b> Nosič na travní techniku.	20
<b>Obr. 6.</b> Schematické znázornění působení vnějších sil na šitý spoj.	25
<b>Obr. 7.</b> Znázornění tahové křivky.	26
<b>Obr. 8.</b> Ishikawův diagram příčin ovlivňujících pevnost švu.	27
<b>Obr. 9.</b> Zatížení dvouřádkového švu.	28
<b>Obr. 10.</b> Znázornění směru zákrutů příze - levý (S) a pravý (Z) [21].	30
<b>Obr. 11.</b> Schéma vrubového krabicového grafu, $B_{HD}$ – intervaly vnitřních hradeb, $F_{DH}$ – horní a dolní kvartil, $R_F$ – mezikvartilové rozpětí, $I_{HD}$ – intervalové odhady mediánu, $M$ - odhad mediánu.	37
<b>Obr. 12.</b> Grafické znázornění pravděpodobnosti chyby I. a II. druhu [30].	41
<b>Obr. 13.</b> Geometrické znázornění variant řešení ve tvaru krychle [35].	44
<b>Obr. 14.</b> Geometrické znázornění hlavních vlivů faktorů a jejich interakcí [35].	47
<b>Obr. 15.</b> Schéma zákrutoměru, 1 – otočná čelist, 2 – výkyvná čelist, 3 – motorek s regulací otáček, 4 – výkyvné rameno spojené s čelistí 2, 5 - předpětí, 6 – displej, 7 – stupnice změn délky zkoušené nitě, 8 – zarážka výkyvného ramene – omezovač.	54
<b>Obr. 16.</b> Schéma tloušťkoměru, 1 – spodní čelist, 2 – textilní materiál, 3 – horní přitlačná čelist, 5 – přitlačná tyč, 6 – měřidlo.	55
<b>Obr. 17.</b> Fotografie trhačího stroje TIRA TEST 2300.	58
<b>Obr. 18.</b> Schéma přístroje Rubtester, 1 – dolní upínací hlava, 2 – horní upínací hlava.	59
<b>Obr. 19.</b> Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 20 s 95% IS.	62
<b>Obr. 20.</b> Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 30 s 95% IS.	62
<b>Obr. 21.</b> Průměrná pracovní křivka šicí nitě Synton 40 s 95% IS.	63
<b>Obr. 22.</b> Průměrná pracovní křivka šicí nitě Serafil 30 s 95% IS.	63
<b>Obr. 23.</b> Průměrná pracovní křivka šicí nitě Grál 30 s 95% IS.	63
<b>Obr. 24.</b> Průměrné pracovní křivky šicích nití.	64
<b>Obr. 25.</b> Průměrná pracovní křivka popruhu Pfeifer s 95% IS.	66
<b>Obr. 26.</b> Průměrná pracovní křivka popruhu China Plastic s 95% IS.	66
<b>Obr. 27.</b> Odhady středních hodnot s 95% IS pro různou hustotu stehu.	69



<b>Obr. 28.</b> Odhad středních hodnot s 95% IS pro různé šíře švových záložek. ....	70
<b>Obr. 29.</b> Odhad středních hodnot s 95% IS pro různé jemnosti šicích nití. ....	71
<b>Obr. 30.</b> Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé typy šicích nití. ....	73
<b>Obr. 31.</b> Porovnání odhadů středních hodnot s 95% IS vzorků skupiny A. ....	74
<b>Obr. 32.</b> Graf srovnání odhadovaných středních hodnot vzorků skupiny A. ....	74
<b>Obr. 33.</b> Výsledné hodnoty analýzy rozptylu. ....	77
<b>Obr. 34.</b> 3D síťový graf zobrazující interakci faktorů B a C v závislosti na pevnosti. ...	79
<b>Obr. 35.</b> Graf znázorňující kontury zkusné plochy. ....	80
<b>Obr. 36.</b> Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé typy popruhů. ....	82
<b>Obr. 37.</b> Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé ložení popruhů. ....	83
<b>Obr. 38.</b> Odhady středních hodnot s 95% IS pro různé parametry stehu. ....	84
<b>Obr. 39.</b> Porovnání středních hodnot s 95% IS u vzorků skupiny B. ....	85
<b>Obr. 40.</b> Vzájemné porovnání středních hodnot s 95% IS. ....	86

## Seznam použitých tabulek:

<i>Tab. 1. Struktura výrobních nákladů uvedená procentuelně.</i> .....	21
<i>Tab. 2. Přehled tříd stehů [16].</i> .....	22
<i>Tab. 3. Přehled tříd švů [16].</i> .....	23
<i>Tab. 4. Varianty značení pro zápis do tvaru <math>2^k</math> faktoriální návrh [35].</i> .....	45
<i>Tab. 5. Znázornění vytvoření tabulky se znaky pro všechny úrovně řešení.</i> .....	48
<i>Tab. 6. Přehled testovaných šicích nití.</i> .....	49
<i>Tab. 7. Parametry zkoušených popruhů.</i> .....	49
<i>Tab. 8. Základní parametry zkoušené tkaniny.</i> .....	50
<i>Tab. 9. Varianty šitých spojů skupiny A.</i> .....	51
<i>Tab. 10. Varianty šitých spojů skupiny B.</i> .....	52
<i>Tab. 11. Jemnost šicích nití.</i> .....	60
<i>Tab. 12. Výsledky naměřených skacích zákrutů.</i> .....	60
<i>Tab. 13. Výsledky naměřených přádních zákrutů.</i> .....	61
<i>Tab. 14. Výpočet seskání u jednotlivých nití.</i> .....	61
<i>Tab. 15. Výsledné statistické hodnoty zkoušky pevnosti v tahu šicích nití.</i> .....	62
<i>Tab. 16. Konstrukční parametry popruhů.</i> .....	65
<i>Tab. 17. Výsledné hodnoty zkoušky pevnosti v tahu.</i> .....	65
<i>Tab. 18. Konstrukční parametry PA tkaniny.</i> .....	67
<i>Tab. 19. Výsledné hodnoty zkoušky pevnosti v tahu ve směru osnovy a útku.</i> .....	67
<i>Tab. 20. Statistické zpracování síly v závislosti na hustotě stehu.</i> .....	68
<i>Tab. 21. Statistické zpracování síly v závislosti na šíři švové záložky.</i> .....	69
<i>Tab. 22. Statistické zpracování síly v závislosti na jemnostech šicích nití.</i> .....	71
<i>Tab. 23. Statistické zpracování síly pro různé typy šicích nití.</i> .....	72
<i>Tab. 24. Výsledné hodnoty vícenásobného porovnávání.</i> .....	75
<i>Tab. 25. Kódované varianty kombinací faktorů A, B a C.</i> .....	76
<i>Tab. 26. Horní a dolní úroveň parametrů A, B a C.</i> .....	76
<i>Tab. 27. Varianty kombinací faktorů A, B a C.</i> .....	77
<i>Tab. 28. Výsledné součty čtverců jednotlivých faktorů a jejich interakcí.</i> .....	78
<i>Tab. 29. Souhrn koeficientů lineární regrese pro významné faktory.</i> .....	78
<i>Tab. 30. Souhrn regresních koeficientů pro všechny faktory.</i> .....	80
<i>Tab. 31. Statistické zpracování síly u vzorků s různými typy popruhů.</i> .....	82
<i>Tab. 32. Statistické zpracování síly u vzorků s rozdílným způsobem našití popruhu.</i> ....	83

<b>Tab. 33.</b> <i>Statistické zpracování síly pro vzorky s různými parametry stehu</i> .....	84
<b>Tab. 34.</b> <i>Vzájemné porovnání středních hodnot.</i> .....	87

## **Seznam příloh:**

**Příloha A:** Naměřená data pro jednotlivé testování šicích nití, popruhů, tkanin a šitých vzorků.

**Příloha B:** Grafické znázornění tahových křivek šicích nití pro všechna měření.

**Příloha C:** Vrubové krabicové grafy šitých vzorků skupiny A (dvounitný vázaný steh rovný) a skupiny B (dvounitný vázaný steh klikatý).

**Příloha D:** Algoritmus vytvořený v programu Matlab pro zpracování závislosti parametrů metodou  $2^3$  faktoriální návrh.

**Příloha E:** Vytvořený návrh katalogu nejčastěji používaných šitých spojů v Gala a.s.

**Příloha A: Naměřená data pro jednotlivé testování šicích nití, popruhů, tkanin a šitých vzorků**

*Tab. 1 A. Data při zjišťování hmotnosti vzorků šicích nití a následný přepočet na jednotky tex.*

Hmotnost 1m šicí nitě [g]	Synton 20	Synton 30	Synton 40	Serafil 30	Grál 30
1.měření	0,150	0,091	0,070	0,091	0,092
2. měření	0,152	0,088	0,075	0,092	0,094
3. měření	0,155	0,093	0,073	0,095	0,089
4. měření	0,153	0,089	0,071	0,089	0,093
5. měření	0,155	0,089	0,076	0,093	0,097
$\bar{T}_s$ [g]	0,153	0,090	0,073	0,092	0,093
$\bar{T}_s$ [tex]	153	90	73	92	93

*Tab. 2 A. Naměřené hodnoty při stanovování počtu zákrutů skané šicí nitě Synton 20.*

Synton 20	$X_s$ [z/0,25 m]	$\Delta l$ [mm]	$X_p$ [z/0,5 m]
1.	81	1	238
2.	80	1,5	233
3.	78	1	235
4.	81	1	240
5.	83	1,5	233
6.	83	1,5	232
7.	83	1,5	234
8.	83	2	238
9.	88	2	238
10.	84	2	244

*Tab. 3 A. Naměřené hodnoty jednotlivých zkoušek počtu zákrutů skané šicí nitě Synton 30.*

Synton 30	$X_s$ [z/0,25 m]	$\Delta l$ [mm]	$X_p$ [z/0,5 m]
1.	88	1	276
2.	89	1	275
3.	92	1	281
4.	90	1	254
5.	95	2	275
6.	90	1	274
7.	89	1	275
8.	92	2	268
9.	91	1	269
10.	90	1	276

**Tab. 4 A.** Hodnoty jednotlivých zkoušek při měření počtu zákrutů skané šicí nitě Synton 40.

<i>Synton 40</i>	$X_s$ [z/0,25 m]	$\Delta l$ [mm]	$X_p$ [z/0,5 m]
1.	107	2	294
2.	112	2	294
3.	108	2	294
4.	110	2,5	291
5.	109	2,5	295
6.	113	3	295
7.	111	2	289
8.	108	2	293
9.	106	2	291
10.	109	2	289

**Tab. 5 A.** Hodnoty jednotlivých zkoušek při měření počtu zákrutů skané šicí nitě Serafil 30.

<i>Serafil 30</i>	$X_s$ [z/0,25 m]	$\Delta l$ [mm]	$X_p$ [z/0,5 m]
1.	90	0,5	270
2.	95	1	273
3.	96	2	269
4.	97	1,5	275
5.	99	2	273
6.	98	1,5	274
7.	94	1,5	270
8.	98	1,5	270
9.	94	1,5	273
10.	101	1,5	274

**Tab. 6 A.** Hodnoty jednotlivých zkoušek při měření počtu zákrutů skané šicí nitě Grál 30.

<i>Grál 30</i>	$X_s$ [z/0,25 m]	$\Delta l$ [mm]	$X_p$ [z/0,5 m]
1.	94	1	272
2.	96	1	262
3.	96	1,5	263
4.	96	1	261
5.	94	1	256
6.	98	2	256
7.	96	1,5	261
8.	96	1,5	267
9.	93	1	265
10.	95	1	264

*Tab. 7 A. Hodnoty naměřené při zkoušce pevnosti v tahu u šicí nitě Synton 20.*

<i>Synton 20</i>	$F_{max}[N]$	$A_{max} [mm]$	$W [J]$	$E[MPa]$
1.	75,2	69,3	2,59	428,2
2.	74,5	69,7	2,67	411,8
3.	86,4	78,5	2,92	445,2
4.	79,4	75,3	2,59	446,5
5.	78,3	66,4	2,39	447,7
6.	79,4	62,6	2,18	380,4
7.	77,4	61,1	2,09	395,2
8.	77,4	64,2	2,24	427,8
9.	79,8	64,3	2,30	411,0
10.	70,2	76,0	2,67	410,8
11.	69,5	63,9	2,25	380,6
12.	78,3	67,2	2,52	393,7
13.	74,4	65,4	2,50	396,2
14.	75,6	63,6	2,33	410,9
15.	88,6	76,2	3,12	369,9
16.	87,0	70,6	2,75	403,4
17.	87,5	69,6	2,69	350,6
18.	82,5	62,4	2,20	357,5
19.	85,2	70,8	2,54	427,6
20.	87,9	73,0	2,83	388,7
21.	86,2	81,2	3,10	445,3
22.	67,9	52,4	1,96	329,0
23.	85,2	62,2	2,45	350,6
24.	83,8	76,2	2,98	398,8
25.	83,0	79,5	2,85	391,4

*Tab. 8 A. Naměřené hodnoty při zkoušce pevnosti v tahu u šicí nitě Synton 30.*

<i>Synton 30</i>	$F_{max}[N]$	$A_{max} [mm]$	$W [J]$	$E[MPa]$
1.	44,4	64,9	1,35	184,6
2.	45,1	70,2	1,43	263,8
3.	47,1	69,9	1,46	228,3
4.	45,9	69,8	1,46	237,9
5.	45,5	59,2	1,22	198,9
6.	47,8	56,5	1,17	140,8
7.	47,2	69,2	1,44	250,7
8.	47,8	60,9	1,30	184,6
9.	48,4	61,8	1,38	194,0
10.	48,0	63,8	1,40	183,5
11.	48,2	56,2	1,23	163,1
12.	48,6	58,4	1,28	155,2
13.	49,4	72,1	1,57	250,7
14.	52,5	64,8	1,52	194,7
15.	49,8	60,9	1,34	168,4
16.	49,0	58,9	1,27	181,4
17.	50,1	57,0	1,28	160,6
18.	45,9	60,9	1,31	178,4
19.	46,7	59,2	1,30	191,2
20.	46,3	58,1	1,21	155,2
21.	49,6	70,9	1,53	218,7
22.	47,1	66,7	1,45	227,8
23.	45,1	61,6	1,26	209,9
24.	46,0	64,3	1,35	201,4
25.	48,1	70,3	1,48	232,5

**Tab. 9 A.** Hodnoty naměřené při zkoušce pevnosti v tahu u šicí nitě Synton 40.

<i>Synton 40</i>	$F_{max}[N]$	$A_{max} [mm]$	$W [J]$	$E[MPa]$
1.	39,7	70,7	1,22	167,7
2.	39,3	71,3	1,19	148,4
3.	41,3	74,9	1,36	193,0
4.	42,0	75,5	1,38	175,3
5.	41,7	72,5	1,33	142,9
6.	39,7	73,1	1,25	133,9
7.	40,9	73,5	1,29	129,1
8.	39,3	68,9	1,15	120,4
9.	38,2	63,3	1,11	121,7
10.	40,1	71,3	1,25	163,3
11.	40,1	71,5	1,25	171,5
12.	38,6	69,0	1,18	100,1
13.	39,4	70,3	1,20	117,7
14.	39,0	69,2	1,17	119,0
15.	40,0	70,1	1,20	158,2
16.	41,0	68,6	1,23	97,4
17.	40,9	63,4	1,13	102,0
18.	39,8	70,5	1,20	153,5
19.	39,6	70,4	1,20	117,7
20.	40,4	71,7	1,26	148,7
21.	42,7	76,6	1,43	155,7
22.	41,3	72,4	1,27	153,4
23.	39,5	70,8	1,18	144,8
24.	41,3	72,0	1,28	105,0
25.	39,4	70,9	1,19	110,4

**Tab. 10 A.** Hodnoty naměřené při zkoušce pevnosti v tahu u šicí nitě Serafil 30.

<i>Serafil 30</i>	$F_{max}[N]$	$A_{max} [mm]$	$W [J]$	$E[MPa]$
1.	42,4	60,0	1,24	227,0
2.	43,6	66,5	1,38	214,4
3.	44,0	58,3	1,18	167,8
4.	51,4	66,3	1,49	188,2
5.	43,2	61,1	1,27	188,2
6.	46,7	71,2	1,56	226,9
7.	45,4	69,5	1,46	249,1
8.	52,9	62,2	1,46	160,8
9.	45,9	69,5	1,47	257,3
10.	46,3	70,4	1,51	233,7
11.	46,7	71,5	1,50	241,1
12.	45,7	67,8	1,42	208,6
13.	47,1	70,8	1,52	233,8
14.	47,1	69,7	1,51	248,9
15.	53,4	74,7	1,74	234,0
16.	47,4	69,8	1,53	275,8
17.	40,5	64,1	1,46	241,1
18.	43,6	74,1	1,56	241,1
19.	42,8	65,0	1,33	208,6
20.	42,8	71,8	1,45	257,1
21.	45,5	62,4	1,45	197,8
22.	44,4	72,4	1,51	227,0
23.	44,0	66,6	1,41	241,2
24.	43,6	67,5	1,36	233,9
25.	48,6	69,4	1,44	241,1



**Tab. 11 A.** Hodnoty naměřené při zkoušce pevnosti v tahu u šicí nitě Grál 30.

<i>Grál 30</i>	$\bar{F}_{max}[N]$	$\bar{A}_{max} [mm]$	$\bar{W}[J]$	$\bar{E} [MPa]$
1.	54,8	72,6	1,78	260,9
2.	53,8	71,3	1,69	309,6
3.	55,9	74,8	1,86	299,9
4.	54,0	72,4	1,73	285,8
5.	55,8	71,5	1,78	278,9
6.	54,4	69,0	1,68	316,2
7.	56,3	72,1	1,82	299,8
8.	55,2	71,3	1,76	279,0
9.	55,9	68,4	1,72	227,0
10.	55,2	71,8	1,78	248,8
11.	56,7	70,3	1,78	183,9
12.	54,3	71,2	1,73	254,7
13.	55,2	68,4	1,76	220,6
14.	56,7	70,1	1,78	203,1
15.	55,2	61,7	1,50	164,2
16.	55,0	69,9	1,71	241,3
17.	52,8	68,6	1,61	220,5
18.	53,0	69,2	1,62	220,6
19.	55,5	67,3	1,66	208,7
20.	48,2	63,1	1,35	257,3
21.	55,5	64,2	1,60	233,9
22.	54,4	68,3	1,66	257,3
23.	53,6	69,1	1,67	220,4
24.	47,0	62,0	1,39	167,8
25.	46,7	68,3	1,61	226,9

**Tab. 12 A.** Naměřené hodnoty při zkoušce pevnosti u popruhu 1.

<i>Popruh 1</i>	$F_{max}[N]$	$A_{max} [mm]$	$W [J]$	$E[MPa]$
1.	2294,1	86,0	113,3	302,3
2.	2305,8	86,8	121,0	307,8
3.	2314,0	88,9	124,9	304,6
4.	2325,6	89,4	131,3	311,0
5.	2290,2	83,6	111,1	307,0
6.	2309,6	86,2	115,1	304,0
7.	2323,6	89,8	122,8	285,9
8.	2095,9	83,7	101,3	294,4
9.	2057,1	74,0	97,8	297,4
10.	2211,3	94,6	123,6	284,8
11.	2127,7	73,8	95,0	296,2
12.	2131,2	78,4	95,7	297,5
13.	1952,3	65,8	67,2	281,5
14.	2275,7	85,9	110,9	288,5
15.	2326,7	90,0	125,3	302,1

**Tab. 12 A.** Naměřené hodnoty při zkoušce pevnosti u popruhu 2.

<i>Popruh 2</i>	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	4651,3	62,3	168,3	737,5
2.	4548,8	72,6	194,4	697,7
3.	4589,1	68,8	186,7	704,1
4.	4406,9	60,9	159,9	731,6
5.	4654,2	58,5	153,4	760,7
6.	4343,0	57,7	154,4	728,4
7.	4647,0	63,6	166,1	709,3
8.	4831,4	74,5	231,0	659,6
9.	4445,1	65,8	169,7	705,6
10.	4110,3	60,6	127,3	635,1
11.	4163,5	59,4	133,8	647,1
12.	4304,1	55,0	138,1	690,3
13.	4965,9	76,0	225,7	704,1
14.	4411,1	60,6	150,0	658,6
15.	4854,4	79,5	224,4	664,1

**Tab. 13 A.** Naměřené hodnoty při zkoušce pevnosti v tahu PA tkaniny ve směru osnovy.

PA – os	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1866,7	56,3	68,73	254,3
2.	1793,4	54,9	63,00	242,6
3.	1680,9	49,1	52,17	239,8
4.	1826,5	56,1	66,54	246,9
5.	1782,0	52,2	59,75	248,7

**Tab. 14 A.** Naměřené hodnoty při zkoušce pevnosti v tahu PA tkaniny ve směru útku.

PA - út	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1523,4	50,7	46,03	216,6
2.	1440,9	46,8	39,55	213,3
3.	1459,9	44,1	37,13	223,1
4.	1508,7	50,9	45,55	214,6
5.	1533,3	52,2	47,91	216,2

**Tab. 15 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 1 skupiny A.

Vzorek č. 1	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	342,1	11,8	2,37	202,4
2.	347,2	12,8	3,16	207,0
3.	411,4	14,4	2,89	173,5
4.	289,0	12,4	2,58	196,8
5.	331,7	12,1	2,91	215,6
6.	313,3	12,1	2,22	189,1
7.	250,6	9,4	2,33	172,0
8.	371,2	13,9	3,02	200,1
9.	379,0	14,3	3,30	205,7
10.	276,1	10,4	1,82	196,2

**Tab. 16 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 2 skupiny A.

Vzorek č. 2	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	332,5	11,4	3,23	238,4
2.	399,3	13,3	3,07	244,7
3.	383,4	13,2	3,67	253,5
4.	399,0	13,1	5,13	260,3
5.	420,2	13,3	4,47	242,5
6.	461,3	18,2	4,52	246,8
7.	440,0	14,6	4,18	244,2
8.	423,8	13,1	4,12	252,6
9.	384,4	12,0	3,14	242,8
10.	424,3	13,0	3,86	245,7

**Tab. 17 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 3 skupiny A.

Vzorek č. 3	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	392,8	11,7	3,50	283,4
2.	456,4	13,6	4,94	285,4
3.	315,2	10,6	3,71	268,6
4.	323,3	9,9	2,59	271,5
5.	477,4	14,3	4,30	283,1
6.	564,2	17,9	6,10	289,1
7.	392,6	12,0	3,99	282,4
8.	447,5	13,5	4,67	273,8
9.	333,1	11,4	2,70	272,3
10.	369,3	10,4	2,95	282,9

**Tab. 18 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 4 skupiny A.

Vzorek č. 4	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	278,9	7,9	1,45	276,1
2.	304,7	8,2	2,15	271,1
3.	301,7	8,5	2,32	271,3
4.	262,1	7,8	1,81	259,7
5.	289,3	8,0	1,56	263,3
6.	349,3	10,1	2,86	282,8
7.	308,4	9,0	1,70	272,2
8.	309,5	9,1	1,60	271,4
9.	272,7	8,5	1,51	264,4
10.	254,2	7,5	1,30	273,8

**Tab. 22 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 8 skupiny A.

Vzorek č. 8	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	383,9	13,0	3,94	270,4
2.	388,9	13,0	3,68	279,4
3.	354,4	10,9	2,63	258,2
4.	380,0	11,6	3,90	259,9
5.	375,9	13,4	4,26	267,4
6.	364,2	11,2	2,72	262,5
7.	399,8	12,9	3,22	266,7
8.	381,5	11,6	3,87	265,8
9.	443,6	14,3	4,61	273,7
10.	406,6	12,7	3,94	277,4

**Tab. 19 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 5 skupiny A.

Vzorek č. 5	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	541,8	17,8	5,12	241,0
2.	576,0	19,4	6,54	252,9
3.	637,9	19,0	6,55	259,2
4.	600,6	17,8	6,69	257,8
5.	639,4	20,7	7,01	239,0
6.	545,5	17,7	4,90	237,5
7.	502,4	16,2	5,34	251,5
8.	515,4	15,7	5,74	249,0
9.	525,9	16,9	4,76	247,4
10.	575,4	17,4	5,59	248,2

**Tab. 20 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 6 skupiny A.

Vzorek č. 6	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	387,9	12,1	4,00	251,1
2.	317,9	10,3	3,13	249,3
3.	521,6	16,3	4,60	263,2
4.	413,0	16,5	3,83	260,1
5.	411,4	16,4	4,14	248,5
6.	373,9	11,8	3,89	243,7
7.	380,1	14,7	3,74	251,5
8.	390,8	11,9	3,68	256,6
9.	405,3	12,5	3,60	249,9
10.	407,0	13,1	3,35	248,0

**Tab. 21 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 7 skupiny A.

Vzorek č. 7	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	439,7	13,6	4,02	273,3
2.	445,9	13,9	4,18	278,9
3.	431,0	13,9	4,10	265,0
4.	489,6	15,1	5,65	274,0
5.	558,2	18,5	6,52	280,1
6.	471,6	15,1	4,24	270,0
7.	521,2	16,3	5,45	273,6
8.	508,2	17,5	5,31	265,4
9.	476,6	15,0	5,47	269,7
10.	431	14,5	3,56	270,0

**Tab. 22 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 9 skupiny A.

Vzorek č. 9	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	371,2	11,2	2,86	2,86
2.	326,3	11,1	3,31	3,31
3.	430,6	13,7	4,03	4,03
4.	440,7	12,7	3,52	3,52
5.	302,9	10,7	2,62	2,62
6.	417,0	12,3	4,08	4,08
7.	418,8	12,2	5,68	5,68
8.	416,1	15,4	5,54	5,54
9.	376,3	10,9	4,47	4,47
10.	377,7	12,0	3,84	3,84

**Tab. 23 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 1 skupiny B.

Vzorek č. 1	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1121,3	27,0	11,46	387,9
2.	1129,6	27,3	11,32	384,8
3.	967,4	24,8	9,29	344,9
4.	1033,9	25,5	10,70	353,4
5.	1150,0	29,6	12,45	372,5

**Tab. 24 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 2 skupiny B.

Vzorek č. 2	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	963,7	25,6	9,87	340,4
2.	933,6	24,2	9,14	346,1
3.	914,8	24,1	9,02	355,3
4.	1026,6	25,7	10,05	357,3
5.	934,8	26,5	9,30	343,0

**Tab. 25 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 3 skupiny B.

Vzorek č. 3	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1033,7	22,5	9,62	429,5
2.	946,2	23,2	9,61	413,3
3.	1063,1	24,1	9,50	411,6
4.	971,8	22,3	8,74	432,1
5.	1062,0	24,3	10,29	459,5

**Tab. 26 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 4 skupiny B.

Vzorek č. 4	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1215,5	24,7	16,74	454,6
2.	1373,1	26,5	35,28	448,2
3.	1189,6	24,0	19,99	465,6
4.	1210,3	24,3	18,17	461,7
5.	1297,8	28,8	25,61	474,3

**Tab. 27 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 5 skupiny B.

Vzorek č. 5	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1386,5	25,6	43,17	477,3
2.	1447,6	25,7	27,28	474,4
3.	1537,7	26,6	39,24	477,2
4.	1439,2	25,0	27,95	488,1
5.	1523,2	26,4	44,35	503,3

**Tab. 28 A.** Hodnoty získané při zkoušce pevnosti v tahu pro vzorek č. 6 skupiny B.

Vzorek č. 6	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	1599,4	26,7	38,16	489,0
2.	1433,2	25,8	32,40	489,7
3.	1588,9	27,3	46,39	487,4
4.	1439,5	24,3	50,33	486,6
5.	1394,1	27,0	47,60	466,0

**Tab. 29 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 1.

Vzorek č. 1	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	280,8	9,5	1,83	157,3
2.	375,3	14,3	2,81	155,5
3.	343,5	13,0	3,78	169,3
4.	247,7	9,6	1,37	154,7
5.	319,6	11,6	2,40	153,5
6.	227,4	10,1	1,15	147,5
7.	325,1	11,3	2,55	160,1
8.	291,9	10,8	1,79	145,2
9.	312,9	11,9	2,16	155,6
10.	351,3	13,1	2,53	167,7

**Tab. 30 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 2.

Vzorek č. 2	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	237,7	10,7	1,19	136,6
2.	265,0	11,0	1,12	147,3
3.	88,1	13,1	0,78	0,0
4.	285,1	12,3	2,05	132,6
5.	261,6	11,0	1,86	131,0
6.	252,9	11,6	1,45	149,3
7.	175,8	7,9	0,56	108,3
8.	259,1	11,0	1,68	141,7
9.	175,2	7,8	0,51	131,1
10.	222,3	9,6	0,98	127,4

**Tab. 31 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 3.

Vzorek č. 3	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	590,8	23,5	7,41	151,9
2.	552,5	19,6	7,54	163,4
3.	606,4	21,0	6,04	146,7
4.	601,2	22,8	7,64	159,9
5.	559,0	24,6	7,88	164,0
6.	573,4	20,6	6,43	165,3
7.	749,0	27,5	10,47	168,3
8.	623,5	22,9	7,03	159,3
9.	634,8	24,1	8,30	150,8
10.	579,0	22,0	6,82	148,4

**Tab. 32 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 4.

Vzorek č. 4	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	272,8	9,5	1,35	169,3
2.	297,0	9,7	1,40	182,7
3.	276,7	8,6	1,97	172,4
4.	376,1	12,3	2,55	192,6
5.	389,0	13,4	2,92	185,8
6.	322,8	10,6	1,69	186,4
7.	308,4	13,4	2,59	186,3
8.	271,6	9,3	1,66	157,6
9.	262,9	8,3	1,34	177,9
10.	277,9	8,8	1,54	188,8

**Tab. 33 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 5.

Vzorek č. 5	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	510,9	18,9	4,53	159,4
2.	542,5	18,3	4,81	161,6
3.	462,3	16,3	3,46	147,5
4.	513,2	16,6	4,10	167,5
5.	466,5	16,9	3,86	166,0
6.	486,7	15,8	3,72	172,5
7.	483,1	16,6	3,92	157,5
8.	526,6	17,8	4,40	155,2
9.	483,1	17,4	3,95	156,1
10.	506,8	16,7	3,98	163,6

**Tab. 34 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 6.

Vzorek č. 6	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	610,6	21,6	7,14	180,5
2.	517,8	17,0	5,67	182,5
3.	653,8	21,4	7,93	199,0
4.	631,0	21,3	8,00	188,6
5.	597,5	20,2	7,53	200,4
6.	546,6	20,9	6,78	200,3
7.	594,6	21,5	8,03	207,4
8.	655,0	22,6	8,19	198,9
9.	593,6	19,2	6,94	197,4
10.	579,6	20,6	7,32	197,3

**Tab. 35 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 7.

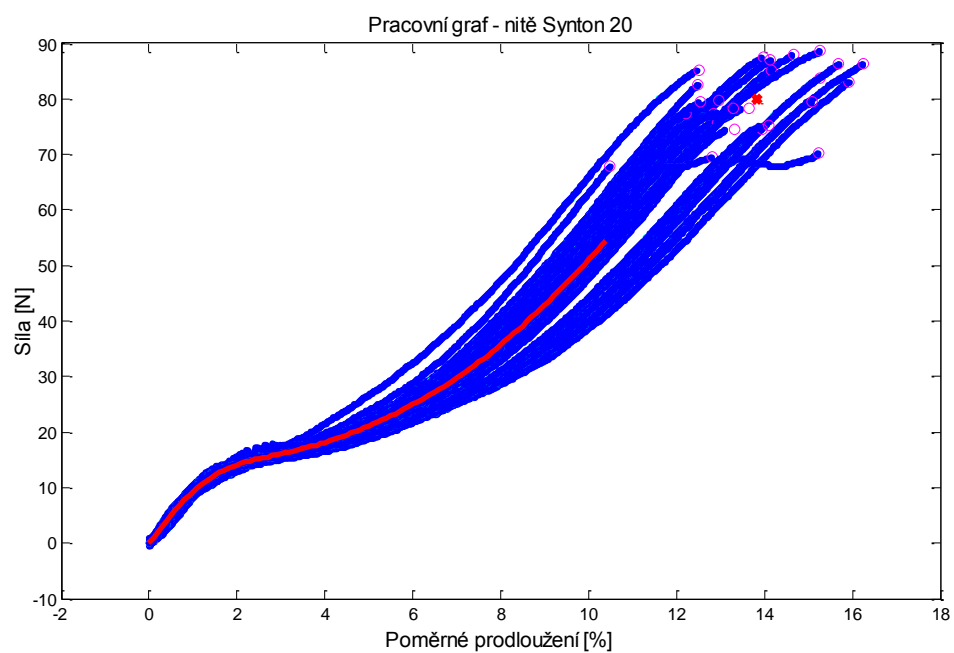
Vzorek č. 7	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	293,5	10,8	1,78	156,7
2.	296,4	10,0	1,73	168,1
3.	244,5	8,9	1,92	162,7
4.	291,2	10,1	1,86	149,8
5.	319,1	12,4	2,29	161,6
6.	290,3	10,7	1,78	156,2
7.	324,9	11,1	1,97	156,8
8.	314,8	10,6	2,28	162,6
9.	298,5	9,9	1,80	162,2
10.	304,6	9,3	1,88	179,3



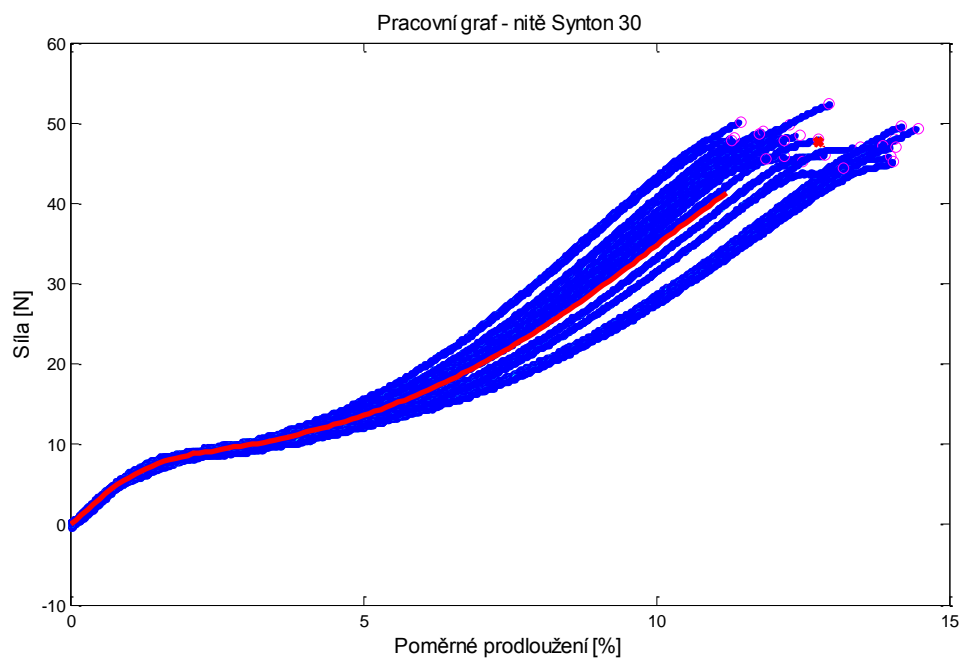
**Tab. 36 A.** Naměřené hodnoty pro zpracování metodou  $2^3$  faktoriální návrh, vzorek č. 8.

Vzorek č. 8	$F_{max}$ [N]	$A_{max}$ [mm]	W [J]	E[MPa]
1.	517,9	20,5	7,30	165,5
2.	235,4	10,7	3,05	171,0
3.	420,4	15,3	3,62	165,4
4.	442,3	16,4	4,97	159,8
5.	494,4	16,3	5,99	182,0
6.	462,1	15,7	4,37	186,1
7.	438,8	16,2	4,64	189,7
8.	455,7	14,7	3,46	176,1
9.	268,4	17,7	3,61	188,3
10.	579,8	20,5	6,72	174,3

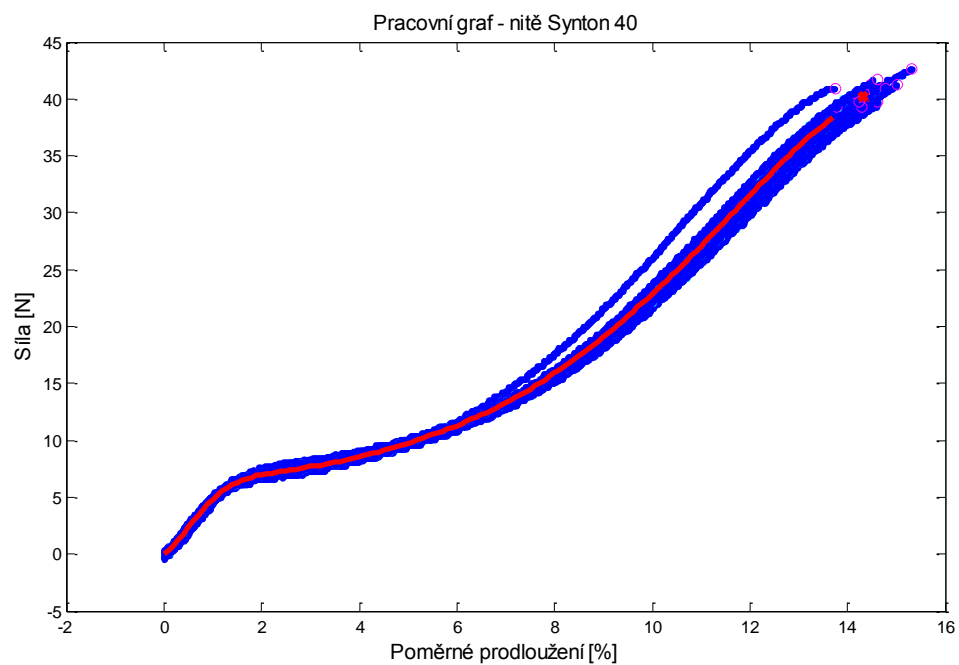
## **Příloha B: Grafické znázornění tahových křivek šicích nití pro všechna měření**



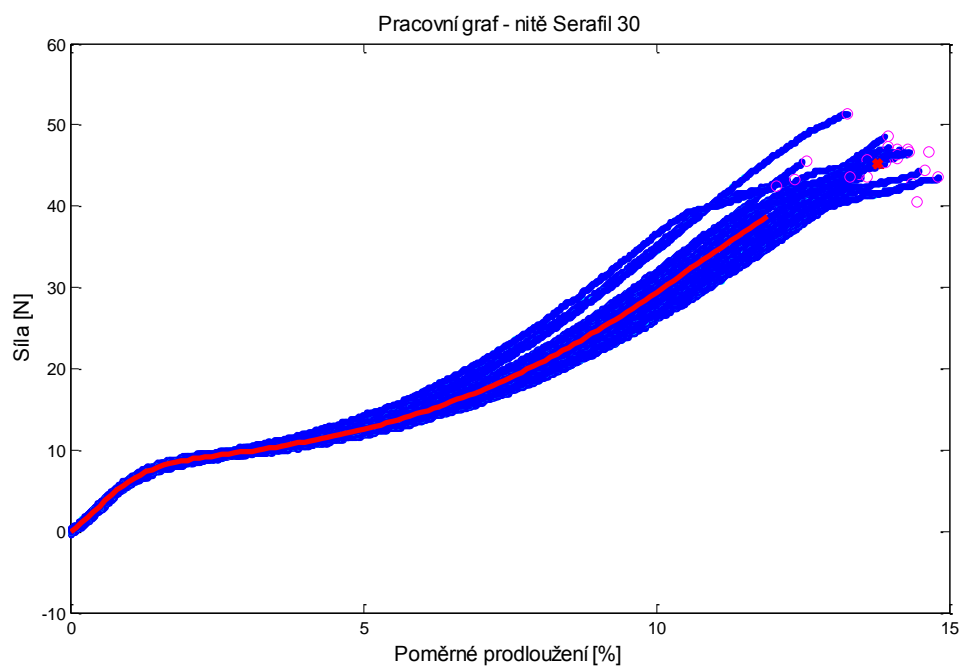
***Obr. 1 B.*** Tahové křivky všech měření šicí nitě Synton 20.



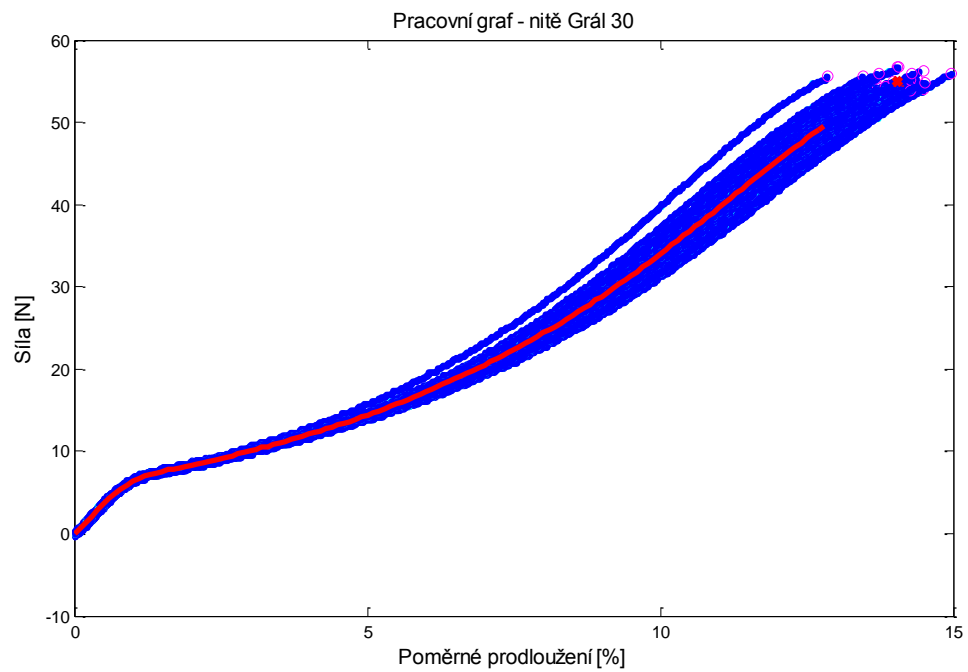
***Obr. 2 B.*** Tahové křivky všech měření šicí nitě Synton 30.



**Obr. 3 B.** Tahové křivky všech měření šicí nitě Synton 40.

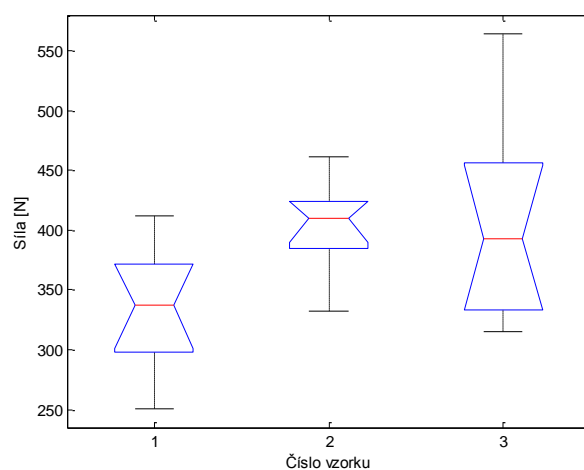


**Obr. 4 B.** Tahové křivky všech měření šicí nitě Serafil 30.

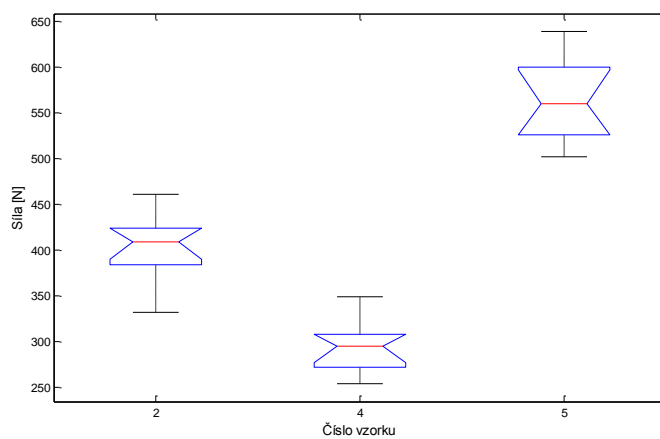


**Obr. 5 B.** Tahové křivky všech měření šicí nitě Grál 30.

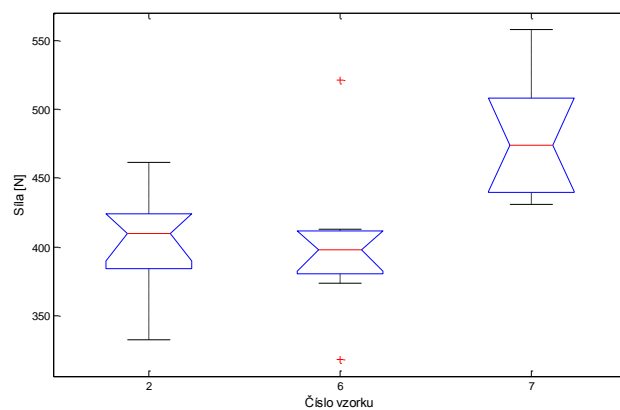
**Příloha C: Vrubové krabicové grafy šitých vzorků skupiny A (dvounitný vázaný steh rovný) a skupiny B (dvounitný vázaný steh klikatý)**



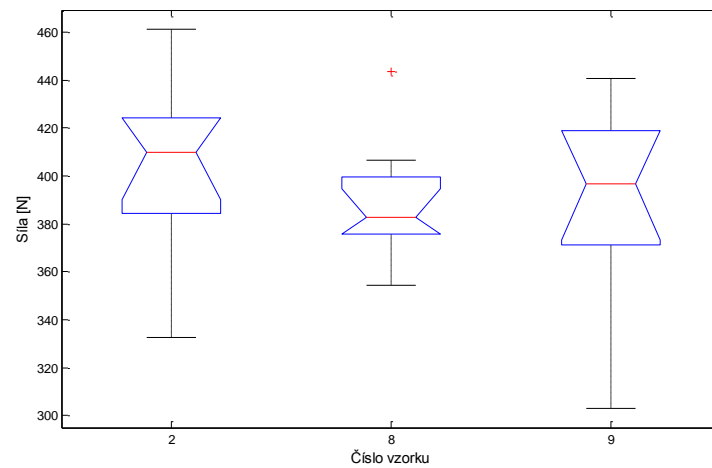
***Obr. 1 C. Vrubové krabicové grafy pro různou hustotu stehu (skupina A).***



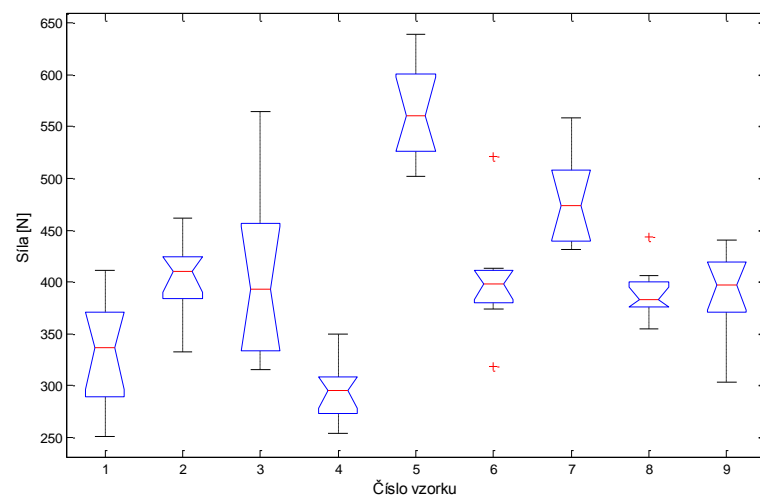
***Obr. 2 C. Vrubové krabicové grafy pro různou šíři švové záložky (skupina A).***



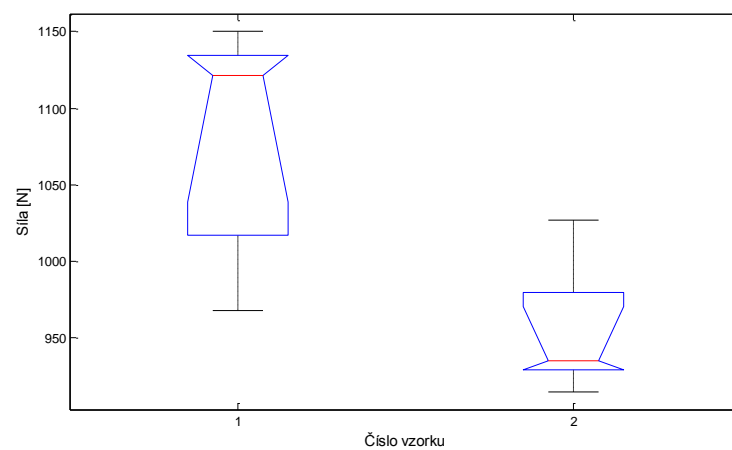
***Obr. 3 C. Vrubové krabicové grafy pro různé jemnosti šicích nití (skupina A).***



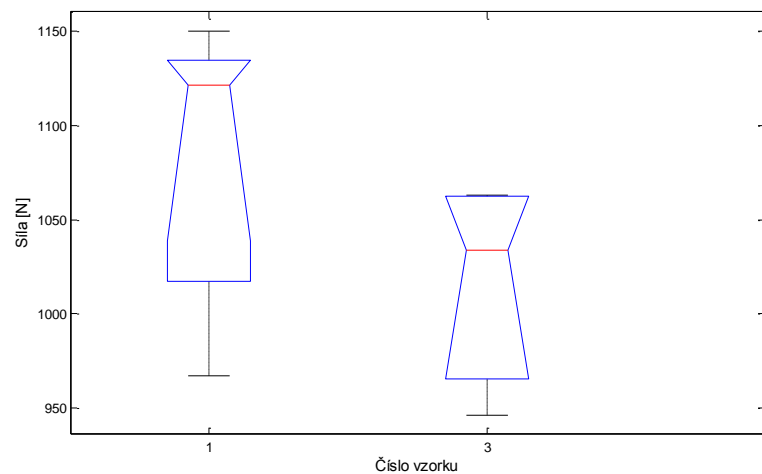
**Obr. 4 C.** Vrubové krabicové grafy pro různé typy šicích nití (skupina A).



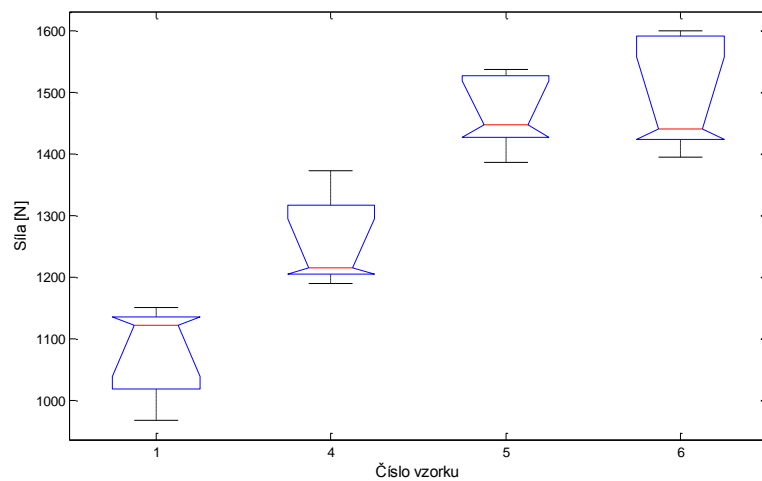
**Obr. 5 C.** Shrnutí všech krabicových grafů vzorků skupiny A.



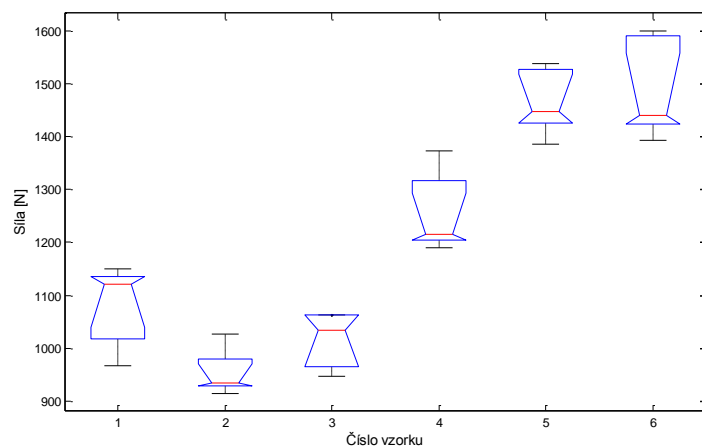
**Obr. 6 C.** Vrubové krabicové grafy pro porovnání vzorků č. 1 a 2 (skupina B).



**Obr. 7 C.** Vrubové krabicové grafy pro porovnání vzorků č. 1 a 3 (skupina B).



**Obr. 8 C.** Vrubové krabicové grafy pro vzorky s různými parametry stehu (skupina B).



**Obr. 9 C.** Vrubové krabicové grafy pro kompletní vzorky skupiny B.

## **Příloha D: Algoritmus vytvořený v programu Matlab pro zpracování závislosti parametrů metodou $2^3$ faktoriální návrh**

```
clear,clc,close all

load hodnoty_design.mat

[p,table,stats,terms] = anovan(y1,{A1, B1, C1},'model','full' );
%analýza rozptylu

PC=cell2mat(table(2:end,2))/cell2mat(table(end,2))*100 %vyjádření v
procentech

for i=1:length(A1);
    if A1(i)==2; A1(i,2)=-1; else A1(i,2)=1; end
    if B1(i)==0.3; B1(i,2)=-1; else B1(i,2)=1; end
    if C1(i)==73; C1(i,2)=-1; else C1(i,2)=1; end
end

X=[ones(length(B1),1) B1(:,1) C1(:,1) (B1(:,1).*C1(:,1)) ];
Xfull=[ones(length(A1),1) A1(:,1) B1(:,1) C1(:,1) (A1(:,1).*B1(:,1))
(A1(:,1).*C1(:,1)) (B1(:,1).*C1(:,1)) (A1(:,1).*B1(:,1).*C1(:,1))];
Xcoded=[ones(length(A1(:,2)),1) A1(:,2) B1(:,2) C1(:,2)
(A1(:,2).*B1(:,2)) (A1(:,2).*C1(:,2)) (B1(:,2).*C1(:,2))
(A1(:,2).*B1(:,2).*C1(:,2))];
Xc=[ones(length(A1(:,2)),1) B1(:,2) C1(:,2) (B1(:,2).*C1(:,2))];
b=inv(X'*X)*X'*y1
bfull=inv(Xfull'*Xfull)*Xfull'*y1
bcoded=inv(Xcoded'*Xcoded)*Xcoded'*y1
bc=inv(Xc'*Xc)*Xc'*y1

[xx yy]=meshgrid(0.3:0.01:0.7,73:1:153);
Z=b(1)+b(2)*xx+b(3)*yy+b(4)*xx.*yy;
figure,surf(xx,yy,Z),colorbar
figure,contour(xx,yy,Z),colorbar
```



# Příloha E

VYTVOŘENÝ NÁVRH KATALOGU NEJČASTĚJI  
POUŽÍVANÝCH ŠITÝCH SPOJŮ V GALA a.s.

*Společnost Gala a.s. Západní 75, Prostějov 797 32*

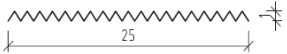

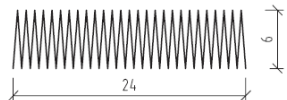
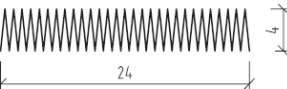
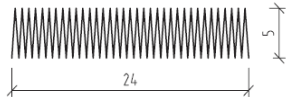
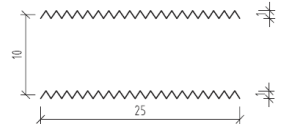
## KATALOG

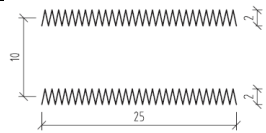
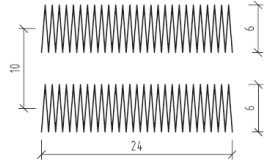
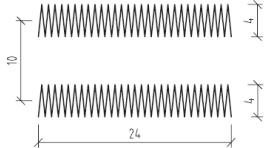
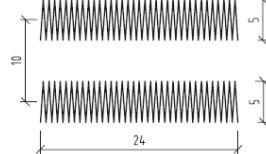
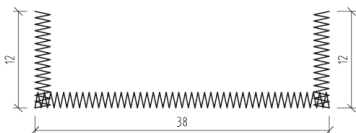
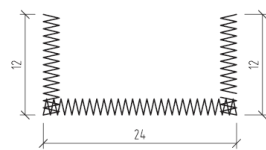
**„Nejčastěji používaných pevnostních švů“**



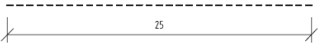





**2011**




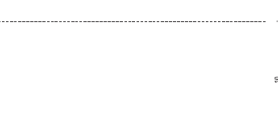


## Dvounitný vázaný steh klikatý

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	25 x 1	38	3,58	Adler 570	(1403,4; 1569,4)
	25 x 2	58	3,94	Brother KE 430	(1869; 2011,8)
	24 x 6	54	3,89	Brother BAS 311	(1821,6; 2065,2)
	24 x 4	58	4,84	Brother KE 430	(1825,3; 1971,5)
	24 x 5	70	5,14	Brother KE 430	(2042,3; 2251,5)
	25 x 1	2 x 38	7,16	Adler 570	(2507,7; 2942,3)

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	25 x 2	2 x 58	7,86	Brother KE 430	(2977,1; 3428,9)
	24 x 6	2 x 54	7,78	Brother BAS 311	(3111,2; 3383,6)
	24 x 4	2 x 58	9,68	Brother KE 430	(2754,7; 3017,1)
	24 x 5	2 x 70	10,26	Brother KE 430	(3243,4; 3542,6)
	38 x 12 x 2	152	12,44	Juki AMS 210	(3700,1; 3873,1)
	24 x 12 x 2	103	6,82	Juki AMS 210	(2387,1; 2787,7)

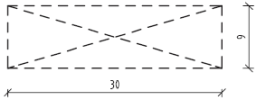
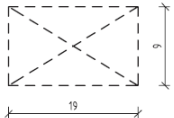
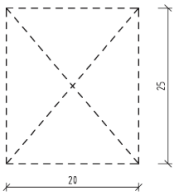
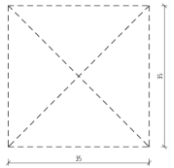
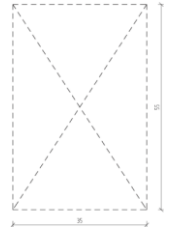
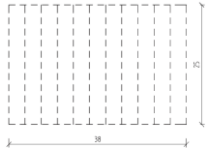
## Dvounitný vázaný steh rovný

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	25/4x	30	2,55	Juki AMS 210	(714,7; 807,1)
	25/5x	57	4	Juki AMS 210	(1382,5; 1482,9)
	25/6x	67	3,79	Juki AMS 210	(1570; 1760,6)
	25/7x	71	3,92	Juki AMS 210	(1779,9; 1992,3)
	40/2x	49	3,27	Juki AMS 210	(1130,6; 1222,8)
	40/6x	109	5,80	Juki AMS 210	(2157,6; 2462,6)

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	25/4x	2 x 30	5,11	Juki AMS 210	(1476,4; 1613,2)
	25/5x	2 x 57	8,00	Juki AMS 210	(2292,9; 2590,7)
	25/6x	2 x 67	7,58	Juki AMS 210	(2841,5; 3325,5)
	25/7x	2 x 71	7,84	Juki AMS 210	(3073; 3384,8)
	40/2x	2 x 49	6,53	Juki AMS 210	(1983,8; 2412)
	40/6x	2 x 109	11,61	Juki AMS 210	(4064,9; 4335,5)

## Psaníčka

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	38 x 80	149	10,17	Juki AMS 224 P	(3514,9; 4118,9)
	38 x 82	159	11,10	Juki AMS 224 P	(4034,1; 4478,3)
	38 x 85	174	12,53	Juki AMS 224 P	(3915; 4229,8)
	19 x 30	70	5,45	Brother BAS 311	(2163,9; 2458,5)
	12 x 30	64	4,72	Brother BAS 311	(2141; 2258,2)

Schematické vyobrazení	Délka x šíře [mm]	Počet stehů	Strojní čas [sec]	Šicí stroj	95% IS Síly [N]
	9 x 30	60	4,34	Brother BAS 311	(2101,3; 2355,3)
	10 x 19	46	3,62	Brother BAS 311	(1527,4; 1659,8)
	20 x 25	79	6,15	Juki AMS 210	(2797,3; 3019,7)
	35 x 35	97	6,96	Juki AMS 210	(2547,2; 2734,8)
	35 x 55	121	9,60	Juki AMS 210	(3003,7; 3352,9)
	25 x 38	143	9,01	Brother BAS 311	(3469,1; 3804,5)



